

الأستاذ الدكتور
عبد المنعم محمد بلبع

أحياء تحت سطح الأرض

الناشر
المعهد العربي للعلوم والتقنية
الإسكندرية

اهداءات ٢٠٠١

أ.د/ عبد المنعم بلبع

الإسكندرية

أحياء

تحت سطح الأرض

اسم الكتاب : إحياء تحت سطح الأرض

اسم المؤلف : أ.د. عبد المنعم محمد بلبع

رقم الايداع بدار الكتب والوثائق المصرية : ١١١٨٦ / ٢٠٠١

الترقيم الدولي I.S.B.N 8 - 37 - 5463 - 977

الطبعة : الاولى

الطبعة : الشهابى للطباعة والنشر

المركز الرئيسى : نهاية شارع درويش بك ميدان غبريال الاسكندرية ت ٥٧٤٨٦١٨

المطابع : مرغم لك ٢٥,٥ طريق اسكندرية القاهرة الصحراوى خلف شركة بروتال

الناشر : الشهابى للطباعة والنشر

تحذير

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف . محذور طبع أو تصوير أو إخراج
أو توليف واقتباس محتويات هذا الكتاب أو جزء منه إلا بتصريح كتابى
مؤلف من المؤلف . ومن يتعرض لذلك يكون عرضة للمساءلة القانونية

أحياء تحت سطح الأرض

دكتور

عبد المنعم بليغ

أستاذ علوم الأرض والمياه

قسم الأرض والمياه - كلية الزراعة

جامعة الإسكندرية

١٤٢١ هـ - ٢٠٠٠ م



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



هذا الكتاب

نحنا الكاتب في هذا الكتاب نحوا آخر يختلف عن كتبه السابقة عن الأرض فقد رأى أن يعطى للناحية الحيوية في الأرض بعض حقها في هذه للسلسلة من كتبه عن الأرض ولم يشأ أن يكون الكتاب من الكتب الأكاديمية عن الأرض بل شاء أن يكون كتاباً أقرب إلى الكتب العلمية المبسطة وفي نفس الوقت يتصف بالدقة العلمية ولما كان باطن الأرض يزخر بالملايين من الأحياء فقد اختار الكاتب أن يعرض لهذه الملايين ببعض الوصف حتى يوفيهما بعض حقها ويوضح دورها بالنسبة للأحياء الأخرى وتتنوع هذه الأحياء من الكائنات الدقيقة (الميكروبات من البكتريا واللفطريات) إلى الحشرات والزواحف وغيرها ، والصفة التي تجمعها معاً هي وجودها تحت سطح الأرض ومن هنا جاء اسم الكتاب راجياً أن يكون في هذا الاسم ما يجنب القارئ ويهين ذهنه للاطلاع عليه .

مقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم

القارئ الكريم ،،

نحن نردد كلمة " أمننا الأرض " دون أن نفكر فى معناها الواقعي ولكن علماء الماضي كان منهم من أفتتح بأن الأرض هي مصدر الحياة وأنها قادرة على أن تهب الحياة ذاتياً فقد لاحظوا أن بعض الأحياء تخرج حية من الأرض دون معرفة مصدرها وتطور العلم وعرف العلماء وغير العلماء مصدر ما يخرج من الأرض من ديدان أو فئران حية ولم يعد باطن الأرض مجهولاً لدى الكثيرين من عامة البشر فقد عرف أن تحت سطح الأرض العديد من الأحياء التي لا يلامس حياتها إلا هذه البيئة الخاصة بظلامها ورطوبتها .

ومنذ سنوات رأيت بحكم تخصصي فى علوم الأراضى أن أكتب سلسلة من الكتب عن الأرض من مختلف النواحي فكان نتيجة ذلك مجموعة من الكتب شملت وصف أراضى مصر والوطن العربي وإستصلاح الأراضى مختلفة الخواص والأسمدة والتسميد وتقويم الأراضى وتأمينها وتصحر الأراضى وتلوثها. والأرض كمصدر طبيعي لخير البشر بما تنتجه

وتصحّر الأراضى وتلوثها. والأرض كمصدر طبيعي للخير البشر. بما تنتجه من غذاء وكساء ومعادن وقد رأيت أن يركز فى الكتاب الحالي على الأحياء التى تعيش تحت سطح الأرض على أمل أن يكون فيه ما يزيد نظرة القارئ عمقاً وشمولاً.

وأحياء تحت سطح الأرض عالم كبير لا يقل عدداً عما على سطح الأرض من أحياء فهو يشمل النباتات والميكروبات والحشرات والعديد من أنواع المخلوقات .

وأرجو أن يحقق هذا الكتاب ما حققته الكتب التى سبقته من إذاعة المعرفة عن " أمننا الأرض " خصوصاً وأن الأرض فى مصر وفى العديد من دول الوطن العربى تحتل موقعاً هاماً فى برامج التنمية .

نحن نعيش على سطح الأرض نبني ونعمر ونزرع ونصنع وننسى أن فى باطن الأرض أحياء يودون أنشطة قد تختلف عن نشاطنا على سطح الأرض ولكنه وبكل المقاييس لا يقل إعجازاً عن النشاط الذى نمارسه فوق سطح الأرض.

وتحت سطح الأرض مرتبط فى أذهاننا بما لا نحب ولا نعرف الكثير عنه فنسبنا إليه الجن وما نكرهه من المخلوقات فالشعابين تخرج إلينا من تحت سطح الأرض والفقران والزواحف جميعها تخرج إلينا لتمارس نشاطها الذى نكرهه من تحت سطح الأرض .

وتحت سطح الأرض. بيئة تعج بالحياة وليس بالضرورة أن تكون حياة سكانها مطابقة لحياة البشر فلكل بيئة نوع من الحياة يلائم ظروفها .

وأول ما يتبادر إلى ذهن القارئ من مظاهر الحياة تحت سطح الأرض هو حياة جذور النباتات خصوصاً في الغابات الكثيفة . وفي الغابة يزداد شعور الإنسان بالحياة تحت سطح الأرض فبالإضافة إلى جذور النباتات يوجد أعداد لا حصر لها من المخلوقات القارضة والزاحفة والساکنة والمتحركة ترتبط بما تحت سطح الأرض .

ودارس علوم الحياة يعرف أمثلة لا حصر لها لأحياء تعيش تحت سطح الأرض ودليلنا على حياتها تحت سطح الأرض خواص هذه المخلوقات خصوصاً عملية التنفس أي أخذ الأوكسجين وإخراج ثاني أوكسيد الكربون فهي عملية تميز المخلوقات الحية والصفحات التي أقدمها للقارئ الكريم تركز على بعض هذه المخلوقات غير أنها ليست صفحات في علوم الحياة بقدر ما هي لمحات عن خصائص بعض ما يعيش في باطن الأرض من نباتات وميكروبات وحشرات فكل من هذه الأحياء ذات خواص تستحق أن نتعرف إليها .

والله الموفق ،

أ.د. عبد المنعم بلع

الإسكندرية في يوليو سنة ٢٠٠٠

الباب الأول



◇ الأرض والتربة

◇ مكونات الأرض

الأرض .. والقرية

بعد أن انفصلت الأرض عن السديم الذي أحتوى الكواكب والنجوم كانت كتلة ضخمة ملتهبة من الصخر الملتهب وبعد أن برد سطحها للدرجة تسمح للأوكسجين والهيدروجين بالاتحاد وتكون من هذا الاتحاد الماء الذي سقط على سطح الأرض وجرف فسى طريقه إلى المواقع المنخفضة كل ما صادفه من صخور وتكونت نتيجة ذلك البحار والبحيرات والأنهار وظلت الانهيارات الأرضية تتوالى بانزلاق أجزاء من الصخور والجبال ثم تحملها الرياح وتجرفها السيول أميالاً والقرية التى توجد الآن فى الغابات ليست سوى حالة من حالات السكون والصخور معرضة حتماً لجميع الاختبارات القاسية التى تفرضها الطبيعة عليها فالشمس المسلطة عليها تسخنها إلى درجات حرارة شديدة الارتفاع أثناء النهار صيفاً فتتمدد المواد المعدنية التى بها ثم تعود إلى الانكماش بفعل برودة الليل ويتكرر ذلك خلال عشرات ومئات وآلاف السنين ويتبع عن هذا التمدد والانكماش المتوالى فصل أجزاء الصخر ولا يستثنى من ذلك أضخم الصخور فلا بد لها من التفتت يوماً .

ودرجة حرارة سطح الصخر عالية إلا أن هذه الحرارة العالية لا تصل إلى داخل الصخرة فتكون باردة على بعد بوصات قليلة من السطح فالصخر موصل رديء للحرارة وهكذا يمتد التمدد والانكماش من السطح

نحو الداخل حتى تنفصل أخيراً القشرة السطحية وتشاهد بوضوح فى الصحارى حيث الشمس المحرقة فالطبقات الخارجية تتمدد إلى أقصى حدود التمدد وتهبط الحرارة ليلاً هبوط فجائياً فيحدث انكماش سريع فى هذه الطبقات نفسها فتفصل من مواضعها .

والأجزاء الصخرية الكبيرة نوعاً التى انفصلت بفعل عوامل التجوية تطحن إلى حبيبات أدق وعندما تجرفها السيول يزداد طحنها بتقلبها فيها ويترسب الرمل والحصى عند انحناءات النهر إذ تضعف سرعة مياه النهر فتترسب الأحجام الكبيرة أولاً .

والتربة بالنسبة للأرض كقشرة البرتقالة بالنسبة إلى فصوصها غير أن التربة لا تتكون إلا بإضافة المواد الحية أو التى كانت حية فلا تربة بدون حياة فهما صنفان لا يفترقان فالكائنات الحية تسبب الفرق الكبير بين مجرد كتلة من الحبيبات المعدنية وبين التربة المعدنية .

قشرة الأرض

تحتوى قشرة الأرض الطبقة السطحية من كوكب الأرض التى تقسم إلى دوائر، والطبقات أو الدوائر الخارجية تتكون من (Rdy Chaudry : 1960)

أ - اتموسفير Atmosphere

ب- هيدروسفير Hydrosphere

جـ- الليثوسفير Lithosphere

ويطلق على الجزء الداخلى من كوكب الأرض بارى سفير Bary sphere وهو ذو كثافة عالية ويتفق الجيوفيزيائيون على أن البارى سفير حاليًا يتكون من مادة صلبة محاطة بطبقات تقل كثافتها تدريجياً بالاتجاه إلى الخارج وطبقة الليثوسفير يختلف تركيبها من موقع إلى آخر ويتوقف ذلك على عدة عوامل منها الحرارة والضغط السائدين فى أى موقع .

وعلى أساس هذه العوامل تقسم منطقة الليثوسفير إلى ثلاثة نطاقات والنطاق الأسفل عند عمق ١٦-١٩ كم توجد منطقة المواجه تحت ضغط يبلغ ٥٠٠٠ جو ودرجة حرارة ١٠٠٠°م وفوقها منطقة متحولة ذات ضغط يقاس بالآف الأجواء ودرجة حرارة تتراوح بين أعلى وأقل من ٣٧٤°م وتعلو هذه الطبقة المتحولة نطاق التجوية ودرجة حرارته هى درجة حرارة سطح الأرض وتحت ضغط جوى تختلف بين ضغط جوى واحد وضغط عمق المحيطات .

والغطاء المائى لقشرة الأرض يغطى أكثر من ثلثى الطبقة الصلبة ويبلغ عمقه نحو ١١,٢ كم كقيمة عليا ويبلغ متوسط عمقه ٣,٢ كم ويعلو النطاق الصلب والغطاء المائى غطاء من الهواء .

وقشرة التجوية هى الطبقة العليا من الليثوسفير وتتكون من منتجات مفككة من تفتت الصخور البركانية والمتحولة Igneous and metamorphic وهى ما يطلق عليه أرض أو تربة .

ومتوسط إرتفاع الأرض ٨٢٦ م وأعلى إرتفاع ٨٨٨٨ م وأعمق نقطة فى المحيطات ١٠٧٩٧ م ومتوسط العمق ٣٦٨٢ م .

متوسط النسب المتوية لتركيب النطاق الصلب لتركيب الأرض

النسبة المتوية	العنصر
٤٧,٣٣	الأوكسجين
٢٧,٧٤	السليكون
٧,٨٥	الألمنيوم
٤,٥٠	الحديد
٣,٤٧	الكالسيوم
٤,٢٤	المغنسيوم
٢,٤٦	الصوديوم
٢,٤٦	البوتاسيوم
٠,٢٢	الهيدروجين
٠,٤٦	النيون
٠,١٠	الكربون
٠,٠٦	الكالورين
٠,١٢	الفوسفور
٠,١	الكبريت
١,١٢	الباديوم
٠,٠٨	المنجنيز
٠,٠٢	السترونشيوم
٠,١	الفلورين

المصدر : Clarke Ray chaudry. Land & Soil

وإذا فرضنا أن قشرة الأرض تزداد بمعدل ثابت في مدة ٥ بلايين سنة
(١٠ × ٥) يمكن استنتاج أن سمك هذه القشرة يزداد بمعدل ١ سم كل
سنة وإذا اكتملت العملية في خلال (١٠ × ٥) سنة يصبح معدل زيادة
القشرة ١٠ م/سنة .

وتشرة الأرض متصلة على سطح الأرض وهى عميقة فى بعض المواقع كما هى فى اندوجانجيتك Indgangetic plain واضحة ، وغير عميقة فى مواقع أخرى كما هى الحال فى منحدرات الجبال وقممها وقد تكون حمراء كما فى كاهيولا Chhola أو سوداء كما فى مرتفعات مالوا وقد تكون رملية كما فى راجيوتانا أو طينية كما فى حقول الأرز فى أحواض الأنهار غربي البنجال غير أن كل أرض تتكون من مواد معدنية وعضوية وماء وهواء وتظل المكونات الأساسية ثابتة .

وللأرض طول وعرض وعمق ، وتعرض الصخور (بركانية ورسوبية ومتحولة Igneous sedimentary and metamorphic) للشمس والأمطار والرياح لمدة طويلة وتعرضها لفعل قوى فيزيائية وكيميائية تسمى التجوية تتفتت وتحلل إلى صخور أصغر تسمى مواد الأصل . Parent malarial

مكونات الأرض

" الأرض " ليست مادة واحدة متجانسة بل مجموعة من المواد يساهم كل منها فى إعطاء هذا النظام الأرضي المعقد صفاته وخواصه .

ويتكون النظام الأرضي من مجموعات من المواد التي قسمت حسب حالتها الفيزيائية إلى صلبة وسائلية وغازية . ويعيش بالأرض عدد ضخم من الكائنات الحية الدقيقة وغير الدقيقة تكسب الأرض التي تعيش فيها صفات وخواص مختلفة . وفي هذه الإشارة المختصرة إلى مكونات الأرض نركز اهتمامنا على الصورة الصلبة من النظام الأرضي .

الصورة الصلبة من النظام الأرضي

يتكون الجزء الصلب من الأرض من معادن مشتقة من الصخور وقد تغيرت هذه المعادن بعوامل التجوية Weathering إما بالانحلال المباشر لها أو بتأثيرها بنواتج انحلال غيرها من المعادن والمواد الأرضية ويختلط مع هذه المعادن رواسب من كربونات وفوسفات الكالسيوم والمواد العضوية القديمة المقاومة للانحلال أو المواد العضوية ومتخلفات النباتات التي لم تتحلل .

ومن ناحية التوزيع الحجمي لحبيبات الجزء الصلب من الأرض فتتقسم مكوناته إلى :

رمل عشن :	وقطر حبيباته تتراوح من ٠,٢ إلى ٢مم
رمل ناعم :	وقطر حبيباته تتراوح من ٠,٢ إلى ٠,٢مم
سلت (طمي) :	وقطر حبيباته تتراوح من ٠,١ إلى ٠,٢مم

ويعبر عن هذا التوزيع الحجمي "بالتحليل الميكانيكي" للأرض ويجرى هذا التحليل عادة للتعرف إلى المكونات الأولية لحبيبات الأرض من الناحية الحجمية ولذا يتخلص من كربونات الكالسيوم والمواد العضوية التي تقوم بعملية لصق الحبيبات الصغيرة مع بعضها قبل إجراء التحليل .

تكون التربة

يتضح من فحص سطح الكرة الأرضية أن عوامل متعددة كان لها أثر كبير على خواص التربة التي تكونت على هذا السطح مثل الطبوغرافية والغطاء النباتي والأنهار وتكوين الصخور وغيرها وهذه العوامل آثار هامة على سطح الأرض وعلى طبقات الأرض من أعلى إلى أسفل حتى الصخر الأصلي وهو ما يسمى قطاع التربة وسطح الأرض الأصلي كان متعرجا غير مستوى نتيجة للبرودة والانكماش مما نتج عنه الأراضي المرتفعة والجبال والهضاب والمنخفضات حيث توجد المسطحات المائية التي تجتمعت بعد ذلك مكونة البحار والمحيطات وغيرها .

وفي كثير من الأوقات كان يتتاب الأرض بعض الظواهر العنيفة مثل الزلازل والبراكين وارتفاع الجبال وانحسار المحيطات وانزلاق الثلجات

كما حدثت كسور وتشققات وتغيرات فى المناخ أدت إلى تكون الثلوج
والصحارى مما أدى إلى تغير جذري فى طبوغرافية الأرض فى مواقع
كثيرة وتعرضت الصخور على الجبال والمرتفعات لعوامل التجوية والتفتت
بتأثير الشمس والأمطار والرياح والصقيع والثلاجات ونحر السيول والمواد
التي جرفت ترسبت فى مواقع أخرى فى شكل طبقات من الرواسب من
الرمل والحصى والطمي والتلال الرملية .

وسنكتفى فى حديثنا عن الجزء الصلب من الأرض بالحديث المختصر
عن الطين وعن المادة العضوية الأرضية .

التوزيع الحجمى (التحليل الميكانيكى) لمكونات بعض الأراضى المصرية

النسبة المئوية للمكون			مصدر العينة
الطين	الطمي	الرمل	
٤٠	١٨	٤٢	محطة كلية الزراعة بالإسكندرية
٣٤	٣٤	٣٢	كفر الشيخ
٤٨	٣٨	١٤	كفر الدوار
٢٢	٣٥	٤٢	مريوط
٦٧	٢٣	١٠	طمبا (النوبارية)
٣٩	٢٢	٣١	مدينة التحرير قطاع شمالى

محتوى الأرض من الكائنات الحية

التنوع	العدد
البكتريا	١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ أو أكثر لكل ١ جم من الأرض
اكتينومايتسر	١٠,٠٠٠,٠٠٠ أو أكثر لكل ١ جم من الأرض
فطريات	١,٠٠٠,٠٠٠ أو أكثر لكل ١ جم من الأرض
بروتوزوا	١,٠٠٠,٠٠٠ أو أكثر لكل ١ جم من الأرض
طحالب	١٠,٠٠٠ أو أكثر لكل ١ جم من الأرض
ثانودا	١٠,٠٠٠ أو أكثر لكل ١ جم من الأرض
ديدان أرضية	١,٠٠٠,٠٠٠ في فدان بعمق ٢,٥ سم

ملاحظات: يختلف العدد اختلافاً كبيراً حسب نوع الأرض والموسم الزراعى.

الطين

لا يوجد تعريف واحد دقيق للطين ولكن يوجد عدة تعريفات حسب الناحية التى ينظر منها إلى هذه المادة فمن الناحية الكيميائية يمكن اعتبار الطين (أملاحاً) لحامض الألومنيوسيليسيك Aluminosilicic مع بعض العناصر الأرضية والحديد .

ومن الناحية الفيزيائية Physical أو التوزيع الحجمى الحبيبات الأرض فقد سبق أن أشرنا إلى أن الطين هو المواد دقيقة الحبيبات التى توجد طبيعياً naturally بالأرض وتكتسب خاصية اللبونة Plasticity إذا أضيف إليها مقدار محدود من الماء ويقصد باللبونة خاصية التشكل التى تكتسبها المواد الرطبة إذا عوملت بالضغط على أن تحتفظ بشكلها الجديد الناتج عن الضغط. إذا رفع الضغط عنها .

ويختلف حجم الحبيبات الذي تعتبر عنده المادة داخلة ضمن الطين فالجيولوجيون يعتبرون الطين كل مادة يقل قطرها عن ٢ ميكرون حسب التقسيم الدولي وفى هذه الحالة ليس من الضروري أن تكون المادة ذات الحبيبات الأقل من ٢ ميكرون من معادن الطين (كيميائياً) .

ويلعب الطين دوراً أساسياً فى خواص الأرض الكيميائية والطبيعية وفى وظيفتها كبيئة لنمو النبات فالطين أهم مكونات الأرض القادرة على الاحتفاظ بالماء وله تأثير كبير على سهولة أو صعوبة خدمة الأرض وعلى تهويتها وقدرة الجنور على النمو فيها وهو عامل هام فى خصوبة الأراضى لما يحتويه من العناصر المغذية اللازمة لنمو النبات وقدرتها على الاحتفاظ بها ويسر هذه العناصر لتغذية النبات كما أنه عامل هام فى ثبات الأرض من ناحية تأثيرها الحامضى أو القاعدي لسعته التنظيمية العالية Buffering Capacity فلا يتغير الرقم الهيدروجينى (pH) للأرض سريعاً إذا كانت تحتوى نسبة عالية من الطين .

وخاصية الالتصاق بين حبيبات الطين تزيد قدرة الأرض على مقاومة عوامل النحر والانجراف بالماء والرياح .

مما ذكرنا عن الطين يتضح أنه محدد لخواص الأرض الفيزيائية والكيميائية وهو العامل الأول فى التفاعلات التى تتم فى الأرض .
وبناء الطين وحجم بلوراته الدقيق يجعل له القدرة على جذب الكاتيونات والأنيونات الموجودة فى الوسط المحيط به وهو ما يطلق عليه "تفاعل التبادل الأيوني" .

ويعتبر تفاعل التبادل الأيوني أهم التفاعلات التي تؤثر على صور العناصر المغذية للنبات ومقاديرها الميسورة لتغذية النبات ويمتد أثر هذا التفاعل إلى كثير من العمليات التي تحدث بالأرض فدراسة الأراضي الحامضية أو الأراضي الصودية (القلوية) هي دراسة الأراضي التي ترتفع فيها نسبة الهيدروجين المتبادل في الأولى والصوديوم المتبادل في الثانية المرتبط بسطح الطين .

والتحولات التي تحدث للبتواسيوم أو الأمونيوم أو الفوسفور أو غيرها من العناصر المغذية ينتج أغلبها عن تفاعل التبادل الأيوني على سطوح الطين وخصوبة الأراضي ترتبط إلى حد كبير بالسعة التبادلية الكاتيونية لها فالكاتيونات المتبادلة صورة ميسورة من العناصر المغذية يستطيع النبات امتصاصها . وتفاعل التبادل الأيوني كما هو صفة هامة من صفات الطين والمادة العضوية فهو أيضا صفة هامة من صفات جذور النباتات فقد أوضحت دراسات آلية تغذية النبات أن التبادل الأيوني يلعب الدور الرئيسي فيها .

والسعة التبادلية الكاتيونية للأرض هي مقدار الكاتيونات بالمليمكافء التي تشبع سطح ١٠٠ جم من الأرض وعندما تكون الكاتيونات المدمصة على سطح الطين كاتيونات قاعدية ولا يوجد هيدروجين مدمص على سطح الطين يطلق على الأرض أنها مشبعة بالقواعد Saturated أما عندما تحتوى الأرض على هيدروجين مدمص (متبادل) ضمن ما تحمله من قواعد

فيطلق عليها أنها غير مشبعة بالقواعد Unsaturated وتختلف السعة التبادلية الكاتيونية حسب عدد من العوامل :

١- لما كان العامل الفعال هو سطح جزيئات الطين فكلما يزداد السطح الماص كلما زادت السعة التبادلية الكاتيونية وبالتالي فالجزيئات الدقيقة مثل الطين ذات سعة تبادلية كاتيونية أعلى من الجزيئات الخشنة والسعة التبادلية لجزيئات السلت ذات القطر ٥-٢٠ ميكرون حوالي ٣ ملليمكافى / ١٠٠ جم بينما لجزيئات الطين ذات قطر ٠,٥ - ١,٠ ميكرون تصل إلى ٣٥ ملليمكافى / ١٠٠ جم .

٢- سبق الإشارة إلى إختلاف معادن الطين بعضها عن بعض وأحد أوجه هذا الإختلاف ينعكس على السعة التبادلية الكاتيونية : فالموثموريللونيت يدمص نحو ١٠٠ ملليمكافى / ١٠٠ جم . والألايت يدمص نحو ٣٠ ملليمكافى / ١٠٠ جم والكاوليتايت يدمص نحو ١٠ ملليمكافى / ١٠٠ جم

٣- تساهم المادة العضوية بالأرض بنصيب كبير فى السعة التبادلية الكاتيونية وقد قدرت السعة التبادلية الكاتيونية للبيت Peat فكانت نحو ١٥٤ ملليمكافى / ١٠٠ جم وللجنين ١٦١ ملليمكافى / ١٠٠ جم والسيليلوز Semicellulose ٣٨٥ ملليمكافى / ١٠٠ جم .

وتقوم الأرض بتغذية جميع الكائنات التى تعيش على هذا الكوكب، وكان القدماء يرون فى عبارة "الأرض الأم" حقيقة علمية فالأرض تعطى

الحياة مما حدا بقدامى الإغريق إلى أن يعتبروها مصدراً قد تنشأ عنه الحياة تلقائياً دون حاجة إلى الاستعانة بالتكاثر والتزاوج وقد أكد أرسطو تأكيداً جازماً أن ظهور الحياة بطريقة تلقائية حقيقة علمية فقد لاحظ أن بعض المخلوقات تنشأ من التربة ومن المواد عديمة الحياة حوله مثل مولد يرقات بعض الحشرات وخروج الففوان كاملة النمو من التربة الرطبة وظلت هذه المعتقدات سارية حتى أواسط القرن التاسع عشر فقد أتضح أن الأرض نفسها لا تولد الحياة ولكنها تعمل بمثابة جهاز تفريخ كبير لعالم الأحياء والكائنات الحية التي توجد بها .

والأرض ليست صلبة كما تبدو لنا فأكثر من نصفها أجوف بملاء الهواء والماء وعدد كبير من الأحياء تعيش بين الحبيبات فالكائنات الأرضية لا تعيش في الواقع في التربة بل بين حبيباتها فالحبيبات تكون هيكل التربة وتختلف فيما بينها اختلافاً كبيراً في حجمها وقد سبق ذكر ذلك فحبيبات الأرض الطينية أكثرها دقة إذ يقل قطر الحبيبة الواحدة عن ٢٠٠/١ من البوصة مما يجعلها أصغر من أن ترى بالعين المجردة وحبيبات الرمل أكبر حبيبات التربة وتتدرج في حجمها حتى يصل قطر الحبيبة ٢٠/١ من البوصة أما التربة الطميية فحبيباتها وسط بين الرمل والطين أما الحبيبات الأكبر حجماً فتعرف بالحصى .

وبعض أجزاء من التربة يتكون من أنابيب رفيعة وثقوب مملوءة بالماء بين الحبيبات وكذلك من الغشاء المائي الرقيق المنتشر على سطوح

الحبيبات وهى بيئة تعيش فيها الكائنات الأرضية التى يمكن أن نطلق عليها "بمجموعة الأحياء المائية " وكان على الحيوانات أن تتغلب على الكثير من العوائق ولم يصل أى منها إلى ذلك ومنها وصلت قملة الخشب Wood lice وأقاربها الحالبون ومنهم السرطان (أبو حليمو) والجمبري تعيش فى الماء وقد أستغرق تحول قملة الخشب من الحياة المائية إلى الحياة الأرضية ملايين السنين .

ويامتلاء المسافات البينية للزربة بالماء ينقطع مورد الأوكسجين فيتغير عالم الميكروبات فالبيكتريا الهوائية التى تحتاج إلى الأوكسجين قد تتوقف عن الحركة وتبدأ أنواع أخرى من البيكتريا (اللاهوائية) أى التى تزدهر فى غياب الأوكسجين وتستطيع أن تتكاثر أما البروتوزوا فتتنشط وتخرج من حوصلاتها وتأخذ فى التهام أعداد من البيكتريا وينجح عدد قليل من هذه البلايين بطريقة ما فى البقاء حياً حتى تمر الأزمة وقد توجد علية بكتريا وحيدة فى بعض المواقع داخل جيب هوائى كما قد تبقى حشرة بمفردها متعلقة بفقاعة من الهواء وسرعان ما تنشط لإعادة تعمير منطقة من الأرض بعد تراجع الفيضان .

والدودة الأرضية تجيد السباحة إلا أنها ترتبك وتندفع نحو الخارج حيث تشل أشعة الشمس حركتها أما الشدو (وهو من الثدييات أكله الحشرات تشبه القتران وذات رأس طويل وفم مدبب) فيصرخ بصوت

مرتفع ويندفع ليزاحم غيره فى طرف الخندق الذى يعيش فيه أما الخندق (الفأرة العمياء) فهى تجيد السباحة فلا يصيبها من الضرر غير القليل .

وتعانى الأرض من الضباب والرياح والسيول وهطول الأمطار فجأة ويؤدى ذلك إلى القضاء على الكثير من الأحياء فبعض الأحياء تختنق نتيجة تشبيع التربة بالماء وقد يحفر بعضها الآخر أنفاقاً إلى أعماق التربة لينجو بنفسه من تدفق الماء .

ولدرجات الحرارة تحت سطح الأرض أثر كبير على الكائنات التى تسكن فيها وأوضحت بعض الدراسات أن درجات الحرارة تبقى ثابتة طوال النهار على عمق ٥٠ سم بينما تتغير على السطح بين ١١ و ٤٤°م وانتظام درجات الحرارة سبب فى عدم إختلاف الكائنات الأرضية إختلافاً كبيراً كما كنا نتوقع فعلى بعد ٦٠سم من سطح الأرض تكاد درجة الحرارة تكون ثابتة فى شتى بقاع الكرة الأرضية .

وتساهم جنور النباتات بإمتدادها داخل شقوق الصخور فتؤدى إلى تحطيمها نتيجة ما تفرزه من أحماض تساعد على إذابتها كما أنها تمتص الماء الموجود فى الطبقات السفلى التى تمتد إليها وتنقل الأملاح إلى الأوراق وعندما تتساقط الأوراق وتتغفن تستقر المواد المعدنية الآتية من أعماق التربة على الطبقة السطحية والشجرة التى تبلى هادئة ساكنة تكون فى الواقع نشطة تحت سطح الأرض لتجدد عالمها الخاص من التربة .

وتعمل النباتات المختلفة باستمرار على زيادة ما فى التربة من خصوبة

وللتربة أنواع كثيرة لا عدد لها بكل منها شخصية فريدة يستطيع المتخصص أن يفك رموزها وللعظم أنوع التربة طبقات ثلاثة (أفاق القطاع الأرضي) وهى :

أ (الطبقة العليا.

ب) الطبقة الوسطى .

ج) الطبقة السفلى .

وقد ينقسم كل منها إلى أقسام أصغر وكثيراً ما تكون الطبقة العليا رطبة إسفنجية التكوين وقد يحدث أن تتكون الطبقة كلها من المواد العضوية مما تلتقاه من أوراق الأشجار التى تساقط عليها والحياة فى هذه الطبقة على أشد ما يكون وكذا الطبقة الوسطى .

ومن الطبقتين أ ، ب تتكون التربة الحقيقية وهما وحدهما اللتان تحتويان على الحياة أما الطبقة (ج) فهى المادة الأصلية Parent material التى نشأت عنها هذه التربة ولا حياة فيها إذا إستبينا بعض جنود إستكشافية تشق طريقها إليها أحياناً .

أراضي السولونز

السولونز نوع من الأراضى الملحية الجرداء تكونت فى مناطق الأستبس Stepps حيث عمليات نقل الأملاح والماء نشطة ومستوى الماء الجوفي فى هذه الأراضى عادة أعمق من أن يسمح للماء بالصعود إلى

السطح بالخاصة الشعرية ولا توجد الأملاح عادة في الطبقة السطحية يل على عمق بعيد عن السطح بين ٣٠-١٠٠ سم .

ويتميز في قطاع هذه الأراضي ثلاثة أفاق :

- أفق " أ " : مغسول Eluvial ذو سمك بين ٥-٢٠ سم خفيف القوام.
- أفق " ب " : أفق إستقبال Alluvial ذو سمك من ٥-١٠ سم ذو بناء عمودي منشوري Columnar Prism كثيف القوام ذو تأثير قلوي لوجود ١,٠٪ من حامض الكبريتيك ورقم هيدروجيني حوالي (٩) وصوديوم متبادل يتراوح بين ٢٠-٥٠٪ من السعة التبادلية الكاتيونية.
- أفق " ج " : أفق غنى بأملاح الكربونات أو الكبريتات أو الكلوريدات ومادة الأصل تأثرت قليلا بعوامل تكوين الأراضي وزادت بها نسبة الأملاح وتتميز أراضي السولونز بانخفاض نفاذيتها وتماسكها وقلة تهويتها مما يؤثر على قدرتها الإنتاجية .

ويقسم كوفدا أراضي السولونز إلى مجموعتين على أساس الظروف الهيدرولوجية إلى :

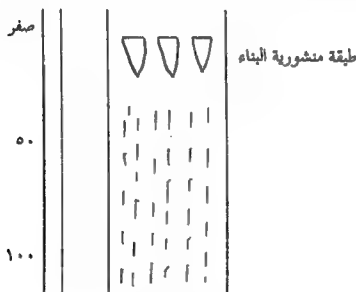
١- سولونز شبه ملحية (سولوتشاك)

يكون عمق مستوى الماء الجوفي لهذه الأراضي حوالي ٣-٨ م وتركيز الأملاح منخفضا أو متوسطا ويرتفع الماء بالخاصة الشعرية في الجوف الجاف ويسبب تراكم الصوديوم للتبادل في الأرض ويميز الجزء الأسفل من الأفق

"ب" وأفق "ج" بوجود نسبة من الأملاح الذائبة وفي بعض الأحيان بوجود الجبس دائما بوجود مقادير هامة من كربونات الكالسيوم ويمكن تقسيم هذه الأراضي حسب سمك أفق "أ" فقد يكون قشرياً Crusty لا يزيد سمكه عن ٣-٥ سم أو عميقاً يصل سمكه إلى (أفق أ) إلى حوالي ١٠-١٥ سم وفي هذه الحالة تكون إنتاجية الأرض أعلى من الأرض ذات الأفق القشري .

٢- سولونز الأمتيس Steppe Solonetz

تتكون هذه الأراضي عادة في المساطب المرتفعة للأنهار حيث يكون عمق مستوى الماء الجوفي أكثر من ٢٠-٣٠ م ولا يلعب دوراً في الوقت الحاضر في عمليات تكون الأراضي .
وقطاع هذه الأراضي مشابه لقطاع السولونز ولكن درجة القلوية فيها أقل وسمك أفق "أ" كبير ويتحول هذه الأراضي عادة إلى الأراضي الكستنائية Chestnut .



رسم توضيحي لقطاع أرض سولونز

تأثير الأملاح على نشاط الكائنات الدقيقة الأرضية

أوضحت دراسات عنز وزملاءه أن عدد الميكروبات في بيئة من مستخلص أرض التل الكبير الصودية الملحية منخفض ، وأنه يزداد بإضافة الجبس أو الكبريت وأن الستربتوميسز *Streptomyces* كانت موجودة بأعداد عالية منذ البداية - قبل إضافة الجبس - وبدأت أعدادها تتناقص بإضافة الجبس أو الكبريت وكذا الميكروبات القادرة على تكوين جراثيم كانت موجودة قبل إضافة الجبس بأعداد صغيرة وانخفضت أعدادها بوضوح بإضافته وكانت الأزوتوباكتر موجودة بأعداد عالية في هذه الأراضي مما يشير إلى وجود سلالات منها تستطيع أن تقاوم الرقم الهيدروجيني المرتفع (٩,٥) وإضافة الجبس تزايدت أعداد الأزوتوباكتر كما لوحظت أعداد كبيرة من الكلوستريديوم ولو أنها أقل من الأزوتوباكتر وبدأت أعدادها في النقصان بإضافة الجبس وكانت أعداد ميكروبات التآزت قليلة وتزايدت بوضوح بإضافة الجبس وكذا تزايدت أعداد الميكروبات المحللة للسليلوز بإضافة الجبس أو الكبريت .

وأوضحت دراسات دهرجي وجرمان بالعراق أن معدل انحلال المادة العضوية بتقدير ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الانحلال قد تناقص بزيادة تركيز الأملاح في النظام .

وفي الدراسات التي تجرى للتعرف إلى درجة مقاومة البقوليات للأملاح يعتمد أغلب الباحثين إلى إضافة النتروجين وبذلك لم يكن تقدير أثر الملوحة على تكوين العقد البكتيرية ممكناً وفي دراسة برنستين وأوجاتا Bernstein and Ogata على فول الصويا (صنف لي Lee) والبرسيم الحجازي مع إضافة النترات وبدون إضافتها إلا بمقدار يسير كبداء يساعد على النمو وفي هذه الحالة الأخيرة حققت البذور بالبكتريا واعتمد النبات إلى حد كبير على النتروجين للثبت .

وأوضح من النتائج أن فول الصويا يختلف كل الاختلاف عن الرسم الحجازي فبينما قاوم تكوين العقد في الرسم الحجازي للملوحة إلى حد كبير وكان تأثير المحصول بالملوحة متماثلاً في حالة إضافة النتروجين أو في حالة عدم إضافته تأثر تكوين العقد في فول الصويا بالأملاح تأثيراً شديداً وانخفض المحصول النسبي إنخفاضاً واضحاً عندما كان النبات معتمداً على ما يستطيع تثبيته من النتروجين بواسطة البكتريا العقدية ولإزالة السبب المباشر لتأثر البكتريا العقدية بالأملاح محتاجاً لدراسة .

ولتحت سطح القرية خصائص معينة فهو مظلم، فضوء الشمس لا ينفذ خلال سطح الأرض ويختلف تركيب الهواء الأرضي عن الهواء الجوي فنسبة الأوكسجين بالهواء الأرضي أقل منها في الهواء الجوي إذ تستهلك أحياء تحت سطح الأرض جزءاً من الأوكسجين وتخرج ثنائي أوكسيد الكربون ولذا فنسبة ثاني أوكسيد الكربون في الهواء الأرضي أعلى كثيراً منها في الهواء الجوي كما أن انحلال المواد العضوية الأرضية ينتج غاز ثاني أوكسيد الكربون .

ثاني أوكسيد الكربون والأوكسجين في الهواء الأرضي في أراض مختلفة القوام

النسبة المئوية بالحجم						العمق بالسـم
أرض طينية		أرض طمية		أرض رملية		
ك ^٢	أ ^٢	ك ^٢	أ ^٢	ك ^٢	أ ^٢	
١٨,٢	٠,٧	١٩,٨	١	١٩,٩	٠,٨	٣٠
١٦,٧	٣,٨	١٧,٩	٣,٢	١٩,٤	١,٣	٦٠
١٢,٣	٧,٩	-	٦,٢	١٨,٣	٢,١	١٢٠
٨,٨	١٠,٦	١٥,٣	٧,١	١٧,٩	٢,٧	١٥٠

المصدر : Soil-Plant Relationship C.A Black :

ويتضح من الجدول السابق أن تركيب الهواء الأرضي يختلف حسب العمق كما أنه يختلف حسب قوام الأرض فالأرض الرملية يكون التبادل الغازي فيها أيسر منه في الأرض الطينية فلا يحدث في الأخيرة تبادل غازي مع الهواء الجوي فيتجمع فيها ثاني أكسيد الكربون ويستنفذ منها الأوكسجين بدرجة أعلى منها في الأرض الرملية .

الغاز	تركيب الهواء الجوي	تركيب الهواء الأرضي
الأوكسجين	٢١٪	٢٠٪
النيتروجين	٨٧,٠٣	٧٨,٦
الأرجون	٠,٩٤	٠,٩
ثاني أكسيد الكربون	٠,٣	٠,٥

• الهواء الأرضي تحت ظروف تهوية جيدة والهواء الجوي في منطقة بعيدة عن المدن.

تربة المناطق الممطرة وتربة المناطق الجافة

يكون غطاء أرض المناطق الرطبة طبيعياً للغابات وتساقط أوراق أشجارها على سطح التربة وتتجمع عليها وتكون سمكا واضحا فوقها وعندما تتحلل هذه الأوراق تتكون طبقة من الدبال فوق سطح الأرض وتختلط بالطبقة السطحية وإذا أدى ذلك إلى تكون تربة عضوية وتكتسب التربة صفات مميزة فلونها أسود فحمي وتزداد نسبة المادة العضوية الأرضية في التربة بوجه عام .

وهذه الأراضي حامضية نتيجة ما ينتج عن إذلال المواد العضوية من

أحماض كما أن سقوط الأمطار ورشح الماء خلالها يغسل ما قد تحتويه من كاتيونات متبادلة إلى باطن الأرض وتزداد فرصة تشبع سطوح التربة بالمهيدروجين للتبادل .

ويعبر عن هذه الحموضة بأرقام pH وتزداد الحموضة بانخفاض رقم pH عن (٧) وتقل الحموضة (وتزيد بالتالي القاعدية) بارتفاع رقم pH عن (٧) فرقم pH هذه الأراضي قد ينخفض إلى ٤ فهي أراضي واضحة الحموضة .

وتربة المناطق الجافة قليلة النباتات مما يقلل ما ينمو داخلها من جسلور ولا تنمو بها الأشجار كغطاء نباتي طبيعي فلا يتساقط غطاء كثيف من الأوراق على سطحها وكل ذلك يؤدي إلى تربة فقيرة في المادة العضوية . والمسافة من سطح التربة حتى الماء الجوفي الذي قد تستقبله هذه الأراضي نتيجة رشح الماء جوفياً من الأنهار المجاورة وهذه المسافة القصيرة هي التي تحتوي الأحياء سواء جذور النباتات أو غيرها من الكائنات وبالتالي لا يحتوى تحت سطح الأرض أحياء بدرجة كبيرة ويصعد الماء الجوفي بالخاصة الشعرية نحو سطح الأرض ويتبخر تاركاً محتواه من الأملاح لتتجمع على سطح الأرض وبالتالي تكتسب التربة صفة الملحية مما يزيد عدم قدرة النباتات وغيرها على النمو فيها .

والأرض المتأثرة بالأملاح تميل إلى التعادل ولو أنها من الممكن أن تميل إلى القاعدية حسب نوع الملح السائد فإذا كان الملح السائد صودياً زاد

تشجع سطح التربة بالصوديوم المتبادل الذى ينحل فى وجود الماء إلى هيلروكسيد صوديوم عالي القلوية .
والأرض الصودية بصفة عامة بيئة لا تشجع النمو الجيد للجذور فيها
إذ أنها سببة التهوية وتعانى النباتات فيها ما يسببه الصوديوم الزائد من
أضرار.

أراضي الصحارى

عندما يقل سقوط الأمطار سواء مرات هطولها أو مقدار الماء الذى
يسقط فى كل مرة تقل النباتات النامية وقد يصل الأمر إلى تجرد المساحة
من النباتات ولا يحدث غسيل للتربة ويزداد الغطاء الرملى الذى ترسبه
الرياح على سطح الأرض .
وتحت هذه الظروف تتكون أرض ذات خواص ناتجة من الظروف
التي تكونت فيها وأهم أنواع الأراضي فى هذه المناطق الصحراوية هى
الأراضي الجيرية والأراضي الرملية .

الأراضي الجيرية

تتميز هذه الأراضي بأنها تنتشر إنتشاراً واسعاً متى توفرت الظروف
الآتية :

- ١- مادة الأصل Parent material السائدة فى المنطقة هى الحجر الجيرى
والدولومايت والكالسليت أو على الأقل تكون غنية فى الكالسيوم
مثل البازلت .

٢- يكون المناخ السائد بالمنطقة جافاً أغلب السنة فلا تكفى الأمطار لإذابة وتقل كربونات الكلسيوم بالقطاع الأرضي إلى أسفل ولذا تظل كربونات الكلسيوم منتشرة فى القطاع الأرضي .

وتتميز هذه الأرضي بعدد من الخواص تلور أساسياً على محتواها من كربونات الكلسيوم ويرى رولان Reullan أن هذه الخواص هى :

- مقدار كربونات الكلسيوم فى صورة جبيبات دقيقة أقل من ١ مم منتشرة فى القطاع كله فلا تستطيع العين المجردة تمييز جبيباتها من جبيبات التربة .
 - توجد فى صورة تجمعات تتركز فى مواقع من القطاع الأرضي يفصلها نحن بعضها مواقع أخرى وتوجد الكربونات فيها بنسبة منخفضة نوعاً وفى صورة دقيقة الجبيبات مختلطة مع باقي جبيبات التربة .
 - قد تأخذ تجمعات الكربونات صورة تشبه الخيوط إذ تملأ الكربونات فجوات التربة الناتجة عن إتحلال جذور النباتات .
 - قد توجد فى شكل كتل هشة بيضاء مختلطة بآثار من اللون الأحمر أو الأسود أو فى صورة عقد صلبة لا تنفتت بين الأصابع وتختلف صلابتها حسب درجة رطوبتها فتزداد بالجفاف وتقل بزيادة الرطوبة.
- وقد تكون كربونات الكلسيوم مجمعة فى تجمعات متصلة بطول القطاع إما مختلطة بجبيبات التربة أو فى صورة عقد وقد تكون فى هذه الحالة ٦٠٪ من مكونات التربة .

وقد أوضحت بعض الدراسات أن انتشار الماء فى الأراضى الجيرية
أسرع منه فى الأراضى المعدنية ذات القوام المائل لها .

أثر كربونات الكلسيوم على يسر الحديد للنباتات

تشير كثير من الدراسات إلى أن الأراضى الغنية بكربونات الكلسيوم
يكثر ظهور أعراض نقص الحديد على النباتات النامية فيها ولكنها لم تظهر
فى وجود نسبة عالية من كبريتات الكلسيوم مما يشير إلى أن زيادة
الكلسيوم نفسه ليس العامل الأساسى فى ظهور هذه الأعراض .

وقد أوضحت دراسات أخرى أن وجود تركيز ١٢ ملليمكافى من
بيكربونات الصوديوم فى اللز من المحلول المغذى أدى إلى ظهور أعراض
اصفرار على نبات Delligrass ولكنه لم يؤدى إلى ظهورها على نبات
Rhodes gress ويرى Sears & Peterson أن التفاعلات بين الكربونات
والحديد قد يكون عاملاً فى خفض يسر الحديد للنبات لأنها تؤدى إلى
أكسدة الحديد إلى حديدك فتحول الحديدوز إلى حديدك يقلل
إمتصاص النبات له .

الأرض الجيرية كبيئة لنمو النبات

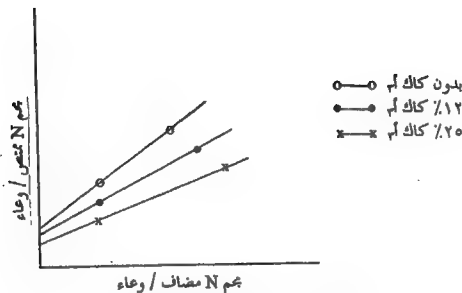
منحنى الرطوبة فى هذه الأراضى يشبه منحنى الرطوبة فى الأراضى
الرملية أى أن الأرض تفقد الماء فى المدى الذى يستطيع أن يمتصه النبات
مما يستلزم الرى المتقارب للنباتات فى هذه الأراضى .

وتتكون قشرة صلبة على سطح الأراضي الجيرية وقد تؤدي هذه القشرة إلى تأخر إنبات البنور وأوضح بعض الدراسات إن للحصول على نسبة عالية من الإنبات يجب ألا تقل نسبة الرطوبة عن ٣٣,٠ جو أن يكون عمق البنور أقل من ٤ سم وقد لوحظ في استزراع هذه الأراضي انهيار بناء الذرة عند الري وتصلبها عند الجفاف وانهدام بتائها يسرع بانجرافها عند الري وتصلبها بالجفاف يجعل حرثها شديد الصعوبة مما يستلزم ريه وانتظار جفافها إلى الدرجة المناسبة لحرثها .

وجود كربونات الكالسيوم وهي مادة لاحمة له دور هام في تكوين طبقات صلبة غير منفذة تعرض القطاع الأرضي .

والمشكلات الغذائية التي تواجهها النباتات النامية بالأراضي الجيرية رغم أنها مشكلات مميزة لهذه الأراضي فإن الأسباب المباشرة لها غير واضحة وضوحاً كافياً فهي مزيج من زيادة كـربونات الكالسيوم وزيادة القلوية مما يؤثر على يسر الفوسفات والحديد والمنجنيز والزنك .

وجدير بالإشارة أن مشكلات تغذية النبات في هذه الأراضي ليست مرتبطة بالنسبة الكلية لكربونات الكالسيوم بالأرض وكذا فقد الأمونيا من الأسمدة الأمونيومية عند إضافتها إلى الأراضي الجيرية مما يؤدي إلى انخفاض إستجابة الحاصلات النامية بها للتسميد بهذه الأسمدة كما هو موضح بشكل رقم (١) .



شكل (١): أثر كربونات الكالسيوم على امتصاص السماد الأمونيومي

المملكة النباتية

يقسم علماء الحياة الأحياء إلى ممالك فالنباتات لها المملكة النباتية التى تنقسم إلى أقسام يقل عدد أفرادها عن الأعداد الكبيرة لأفراد المملكة والحيوانات لها ما يسمى المملكة الحيوانية وهى بدورها ذات أقسام متعددة يحتوى كل قسم منها على مجموعة من الأحياء التى تتشابه فى بعض خصائصها ومن هذه الأقسام الثدييات والزواحف والحشرات وغيرها. إضافة إلى هاتين المملكتين توجد أحياء دقيقة الحجم لا ترى بغير المجهر وهى أيضا تنقسم إلى مجموعات تتشابه أفرادها ففيها مجموعة البكتريا ومجموعة الفطر وغيرها .

اختراع المجهر (الميكروسكوب)

كان اختراع المجهر (الميكروسكوب) بواسطة اتونى لينوفوك Antony Learwehnfock فى الفترة (١٦٣٢ - ١٧٢٣) بمدينة دلفت بهولندا من الخطوات ذات الأثر العميق فى حياة البشر فى كل مكان فقد فتحت عيونهم على عالم كبير من الكائنات الحية الدقيقة التى لا ترى بالعين المجردة تعيش جنباً إلى جنب مع الإنسان تشاركه طعامه وشرابه بل وتسكن داخل جسمه ولم يكن يعرف عنها شيئاً ولو أنه كان يحس بعض آثارها عندما يمرض جسمه ويستخدمها دون أن يعي فى صنع طعامه ومنتجاته مثل الخبز والخمر وبعض منتجات الألبان .

وما أن أمّلك الإنسان هذه الآلة السحرية (المجهر) حتى مضى يوجهها إلى كل ما يعرف وما لا يعرف . وتوالى الدراسات والبحوث وتوالى معها الاكتشافات والانتصارات ومن أهم من إستخدم المجهر لويس باستير الذى كان أستاذاً فى الكيمياء بجامعة ليل Lille بفرنسا وكانت إكتشافات لويس باستير Louis Pasteur (١٨٢٢ - ١٨٩٥) خطوات مضيئة فى تاريخ البشر ورغم ما كان يعانى به هذا الرجل من مرض الشلل الذى لازمه من سن الأربعين حتى توفى فإنه لم يتوقف عن العمل وأعطى البشر ما ينعمون به اليوم من دراسته للخميرة ونظريته فى التخمر اللاكتيكي وطريقة بسترة اللبن ودراسته لمرض دودة الحرير الذى هدد صناعة الحرير فى فرنسا ويذكر لباسير دائماً ثلاثة فتوحات علمية

خالد كفاحه لإدخال الاحتياطات التي تحد من انتشار الميكروبات ولذا استطاع Joseph فى إنجلترا إدخال التعقيم فى الجراحة .

الحياة تصل إلى الأرض

يحصل النبات على العناصر الضرورية لنموه من الأرض ومن المعروف أن أهم هذه العناصر (بمعنى أن النبات يحتاج إلى مقادير هامة منها) هي البوتاسيوم والفوسفور والنتروجين والعنصران الأولان يوجدان بكميات مناسبة فى الصخور فى صور أملاح كربونات وكبريتات وفوسفات البوتاسيوم والكلسيوم والمغنيسيوم غير أن محتوى الصخور أو التربة الناتجة منها من النتروجين شئ قليل لا يكفى احتياجات النباتات ورغم أن النتروجين يكون نحو ٨٠٪ من الهواء الجوى .

وثار جدل بين العلماء عن مصدر مركبات النتروجين التى يستطيع النبات أن يمتصها ومن أهمها النترات والأمونيوم وأقترح بعضهم أن البرق الذى يحدث فى طبقات الجو هو عبارة عن شرارة كهربائية ذات حرارة عالية تكفى لإتحاد النتروجين الجوى مع الهيدروجين ليكونا الأمونيا التى تذوب فى ماء المطر .

وأمكن فى أواخر القرن التاسع عشر إثبات أنه فى الإمكان أن يوجد بالتربة مقادير صغيرة من النتروجين (من انحلال المواد العضوية) وقد شغل علماء الكيمياء فى أوروبا بموضوع عزل الكائنات الدقيقة التى تحول النتروجين إلى مركبات يمتصها النبات وهي أنواع من البكتريا غير أن

محاولاتهم لم تكن قاطعة وأخيراً توصل سرجيوش فيتوجرادسكى إلى إثبات أن بعض الميكروبات تأخذ النتروجين من الجو وتحوله إلى مركبات نتروجينية مباشرة إلى حد يشير الدهشة وحاول أن يعزل كائناً يستطيع أن يصنع المركبات النتروجينية الضرورية لحياته ولنمو النباتات وبهذا يكون فى إمكان هذا الكائن أيضاً أن يعيش فى غيبة هذه المركبات وبعد دراسات مستفيضة أوضح أن الميكروبات الوحيدة التى إحتفظت بالحياة فى وسط غذائي فى غيبة النتروجين كانت ثلاثة أنواع من البكتريا وكان من الصعب تحديد أي هذه الأنواع هو القادر على هذا العمل وعقب ذلك قام فيتوجرادسكى بسلسلة من التجارب الفاشلة إلى أن استطاع أن يفصل الأنواع الثلاثة بعضها عن بعض .

كما أنه لا يتيسر تثبيت النتروجين الجوى سواء للنبات أو للبكتريا كل على حدة حتى لو كانت البكتريا مستخرجة من العقد مباشرة فالنبات الحي يمد البكتريا بالكربوهيدرات والطاقة على صورة سكر والبكتريا تمتص النتروجين من الهواء وتجعل الحصول عليه ميسوراً للنبات وكلاهما معاً يكونان فريقاً متكاملأ .

وقد ثبت أن النبات البقلى دون وجود البكتريا لا يتميز عن غيره من النباتات فقد غرست بذور النبات البقلى بعد تعقيمها فى تربة معقمة وعندما نبتت البذور أمكن للنبات إمتصاص النتروجين الأرضي ولكنه لم يمتص زيادة فى مقدار النتروجين عما كان بالأرض وبإضافة البكتريا

للمكونة للعقد إلى التربة ظهرت عقد البكتريا على جذور النبات سريعا
وزاد مقدار النتروجين فى التربة .

وأوضحت الدراسات العملية أنه يوجد نوعان من العقد فنوع مفيد
Beneficial rhizobia الذي يكون عقداً كبيرة على منتصف الجذر
الوتدي والسلالة غير المفيدة nonbeneficial rhizobia وهى التى تكون
عددا من العقد الصغيرة على أطراف المجموع الجذري .

ويختلف حجم وشكل العقد باختلاف نوع النبات فعقد جنور
البرسيم مستديرة أو بيضاوية الشكل والتي على جنور الباسلاء كروية
مطاوله وأكبر نسبيا وعادة فى شكل عنقودى وعقد فول الصويا كبيرة
نسبياً مستديرة وتلتصق بالجذر بقوة بينما عقد البرسيم الحجازي Alfalfa
فطويلة عادة تشبه الأصابع .

وفى دراسة العقد يسجل موقعها على الجذر وكيفية إتصالها به
وحجم وشكل العقد على جنر النبات .

وتقطع العقدة بموس لتفطى قطاعاً عريضاً لها ويضاف إلى المقطع
صبغة ألـ erythriton على صفحة زجاجية وتفطى ثم تفحص بالمجهر
بالعدسة الكبيرة والعدسة الصغيرة ، وعلى الذي يجرى الاختبار أن يعرف
لماذا يجب تعقيم مطبخ العقدة .

التركيب الداخلى لعقدة على نبات بقولي

نلاحظ الآتي :

- القشرة الخارجية ذات مظهر إسفنجي .
- غيظ الاتصال .
- عناقيد الأوعية المتصلة .
- أن النواة مشوهة .
- الخلايا حديثة العدوى في البكتريا .
- القمة المستتبنة وموقعها وحجمها .

وعزل بكتريا العقدة أمر سهل ما دامت العقد سليمة فأول خطوة هي إزالة الطبقة الخارجية بواسطة التعقيم والغسيل المتوالي ، مع ترك جزء صغير من الجذر ملتصقا بالعقدة وتنخلص بماء جار من أى حبيبات تربة ملتصقة بالعقدة بواسطة فرشاة (شعر الجمل) .

وتوضع العقد في طبق بترى يحتوى على كلوريد الزئبق ١ : ١٠٠٠ لمدة ٣-٦ دقائق ثم تحرك العقد بملقط معقم مع التحريك حتى يتم تنظيف العقدة ثم يضاف ١ سم^٢ من ماء معقم لكل ٦ أطباق بترى ثم تخرج العقدة من الطبق الأول وتهرس بملقط معقم وتخلط العصارة الناتجة exudate بالماء وبعده حلقات من الماء المعقم لكل طبق بترى وتنقل ٥ أطباق مع الخميرة في ماء المانيتول Water manitol agar وتخصن في وضع مقلوب على درجة حرارة الغرفة وتفحص بعد أسبوع .

وقد أوضح إستخدام هذه التقنيات أنواع البكتريا العقدية وصعوبة عزل هذه البكتريا من الأرض مباشرة والذين يدرسون باكتريولوجيا

يعرفون تشابه البكتريا العقدية مع أنواع البكتريا الأخرى مثل
Rhizogenes A. radiobacter Agrobacterium radiobacter وهي
أنواع موجودة عادة فى العقد البكتيرية وتسبب الأخيرة إنتفاعاً جذرياً
غزير الشعيرات .

وتؤدى البكتريا دوراً حيوياً بالغ الأثر فكل ما على الأرض من حياة
نباتية يعود إلى التربة وعوامل انحلال هذه المواد النباتية هى البكتريا إذ أن
لها قدرة على أن تحلل أنواعاً لا حصر لها من المواد ومن بينها بعض المواد
التي يجد الإنسان صعوبة فى تحليلها فى معاملة .

والبكتريا موجودة فى جميع أنحاء الأرض سواء فى المواد الحية أو غير
الحية وتنقسم البكتريا * إلى ما يأتى :

١- النوع Species

هو مجموعة تشمل البكتيريات المتشابهة فى كل صفاتها ويقوم
الباحث بتحديد الاختلافات التى قد تميز بين نوعين مختلفين وعرف
Hitchcock النوع النباتي بأنه الوحدة التقسيمية التى تتكون من مجموعة
من النباتات المتشابهة وحيث أن النوع هو إعتبار تقسمي فإنه من
الصعب تعريفه وتحديدده ويرى كثير من العلماء بأن الصفات التى يمكن
تقسيم النوع على أساسها يجب أن تكون صفات ثابتة وغير متغيرة .

* أ.د. مصطفى كمال أبو الذهب (البكتيريا) ، دار المعارف ، ١٩٦٥

٢- الجنس Genus

وهي مجموعة تشمل الأنواع التي تتميز بصفات ثابتة وغير متغيرة وأن توجد علاقة بين هذه الصفات. بمعنى أن تجميع عدة أنواع تحت جنس واحد يجب أن يتم طبقاً للتشابه في الصفات الطبيعية الثابتة التي ترجع إلى تطابق التركيب الوراثي للأنواع .

٣- العائلة Family

مجموعة من الأجناس المتشابهة أو المتقاربة ويشق أسم العائلة من أسم الجنس الممثل لها مع إضافة مقطع *Bacillacea accae* .

٤- الرتبة

مجموعة من العائلات المتشابهة أو المتقاربة ويشق اسمها من أسم العائلة المثلة لها مع استبدال المقطع *accae* بالمقطع *ales* .

وإذا كانت النترات موجودة في الرتبة أو (الرتبة المسمدة بالنتروجين) فإن البكتريا تدخل جلور النبات البقلى غير أنها لا تكون عقداً كما أن البكتريا تفرز مواد كيميائية تؤثر في خلايا الجذر وتجعلها تتشبع وتكون انتفاخات عقدية ويبدو أن النبات البقلى بدوره يفرز المواد الكيماوية التي تبعد كل أنواع البكتريا عدا النوع المرغوب فيه .

وللبكتريا كثير من الأعداء وأشدها ضرراً هو الـ *Phage* أو الملتهم ، والملتهمات *Phages* كائنات غريبة توجد بأعداد كبيرة ولا يزيد حجمها

عن الجزيء العادي إلا قليلاً ويمكن رؤيتها بالميكروسكوب الإلكتروني إلا أن الباحثين باستخدام هذا الميكروسكوب لا يذكرون عنها إلا القليل .

والتسمية الأحداث لهذا الـ Phage هي الفيروس Virus ويبلغ قطر الفيروس الواحد جزءاً من ٢,٥ مليون بوصة وهي ذات رأس مستدير يتكون من حمض النوكليك ولم يكتشف به أية نواة ويحيط بها غشاء رقيق جداً وللكتير منها ذنب يتكون من مادة بروتينية .

ويعمل ذيل الفيروس كما لو كان أبرة محقن يمر فيها حامض النيوكليك Naucleic من الفيروس إلى الخلية البكتيرية ويظل هو خارجها تاركاً غلافه فارغاً وبعد أن تبتلع البكتريا الفيروس سرعان ما يمتلئ داخلها بمئات منه مئات الفيروسات لتعيد دورة حياتها وإذا لم توجد بكتريا جديدة في المنطقة نفسها فإن الملتهمات تستطيع البقاء داخل غلافها مدة تكاد تكون غير محدودة.

وتوجد أنواع من البكتريا يتوقف عليها وجود الحياة على الأرض تعيش في جلور النباتات البقلية (البرسيم والبقول والفاصوليا ...) وهي البكتريا الأساسية في تثبيت النتروجين الجوي فيتكون منه مقدار يصل إلى ٢٠٠ رطل/فدان سنوياً وعمل هذه الأنواع من البكتريا ضروري بالنتروجين وهو أصعب العناصر من حيث قدرة الكائنات الحية على الحصول عليه بالرغم من أن الهواء الجوي فوق كل فدان من الأرض يحتوي أكثر من ٣٦ ألف طن من النتروجين غير أنه لا يتحد ليكون مركبات يمكن للنبات امتصاصها عن طريق الجلور .

ويتواجد على جنور بعض الحاصلات البقلية عقد لم يعرف سببها إلا حديثاً نسبياً عندما قام بوسنجوت Bousingout بدراسات وتجارب أثبت منها أن زراعة الريسم تكسب الأرض المزيد من النتروجين بينما لا تحدث في زراعة القمح ذلك وقد أوضح أن النباتات البقلية كالريسم تستطيع بطريقة ما أن تحصل على النتروجين من الجو ولكن لم يستطيع أحد توضيح كيف تقوم نباتات الريسم بهذا العمل .

وتقوم البكتريا الحرة بتثبيت النتروجين وهى :

١- الأزوتوباكتر *azotobacter* وهى هوائية تنتشر فى كثير من الأراضي ماعدا الأراضي الحامضية فى المناطق الاستوائية .

٢- الكلوسيدريوم *Chlostridium* أكثر انتشار من الأزوتوباكتر وأغلب وجودها فى حالة تجمرومية أما الحالة الحضرية فتكون عادة فى ظروف غير هوائية بعد سقوط الأمطار .

وقدرة هذه البكتريا على تثبيت النتروجين تحت الظروف الطبيعية محدودة لحاجتها إلى مصدر للطاقة .

والتثبيت بواسطة بكتريا العقد الجذرية فى البقول (البكتريا التكافلية) وأهم الأجناس التى تعيش بطريقة تكافلية - تبادل نفعى - مع جنور البقول هى *Rhizobium* ولهذا النوع من النشاط التكافلى أهمية إقتصادية كبيرة وذلك لانتشار النباتات البقولية فضلاً عن قيمتها الإقتصادية .

وأوضح بعض الباحثين أنه يوجد بجنود بعض النباتات غير البقلية أنواع من البكتريا لم يتم تعريفها بعد تستطيع أن تقوم بتثبيت النتروجين الجوى وأن هذه النباتات واسعة الانتشار فى مناطق مختلفة من الأرض .

ولم يضح من دراسات Fogg أن أنواعاً مختلفة من الطحالب *algi* الزرقاء أو الزرقاء المخضرة تثبت النتروجين الجوى وتوجد هذه الطحالب فى جميع البيئات التى يتوفر فيها ضوء الشمس وتتميز بأنها ذاتية التغذية *autotrophic* ولذا تستطيع أن تصنع جميع إحتياجاتها الحيوية من ثانى أكسيد الكربون والنتروجين المنفرد والماء والأملاح المعدنية كما أنها ذات علاقة تكافلية *Symbiotic* مع نوع آخر من الكائنات الدقيقة ثم *Lichen fungi* وأوضح أن قلرة هذه الكائنات على تثبيت النتروجين الجوى تكون فى ضوء الشمس ولذا فنشاطها غالبا فى طبقات القشرة السطحية من التربة .

الباب الثاني



◊ أحياء التربة

البكتيريا - الفطر - النمل - النيماتودا -
ديدان الأرض

◊ أحياء تحت سطح الأرض

أحياء التربة

تحتوى قبضة من التربة عدداً من الأحياء بدءاً من الأحياء الأصغر من الميكروبات مثل الفيروسات إلى البكتريا والاكثينومايسبتس والفطريات واللاجى والبروتوزوا وديدان الأرض والنمل وغيرها من الحشرات والحيوانات .

وتحتوى قبضة التربة هذه مجموعات ضخمة من الأحياء وأنواعاً من الحياة الأرضية التى تتكاثر بسرعة فائقة فى الظروف الملائمة ويطغى النشاط الحيوى لأحياء التربة فى التربة الباردة بينما تكون التربة الرطبة والدافئة والمهواة بالدرجة الملائمة ظروفها ملائمة والواقع أن المجموعات الكبيرة النشطة من ديدان الأرض تدل على غنى التربة وكذا عدد من أحياء التربة وفى نفس الوقت فإنها تتكاثر بالملايين فى الأسبوع الواحد رغم أنها لا ترى وكلما زاد عدد الكائنات الدقيقة وزاد نشاطها كلما زادت خصوبة الأرض التى يتوقف تحسينها أو تلفها على ظروف الحياة بها وعلى إمدادها هذه الأحياء بالمغذيات وهذه الحقيقة أهمية خاصة فى الإدارة العلمية للتربة.

وتعتبر البكتريا والفطريات والطيور وجميع الأحياء الأخرى جزءاً دائماً من البيئة خلال تكون الأرض وتساعد ديدان الأرض والنمل بشكل دائم على تحول الصخور إلى تربة .

ومن أحياء التربة يوجد أحياء تحلل المواد العضوية وتحول النتروجين وتنتج المضادات الحيوية وأحياء أخرى تؤثر على ظروف نمو النبات، والبكتريا هي أصغر الأحياء التي تعيش مستقلة فى التربة وأكثرها عدداً ويبلغ حجم عشرة ألف منها ١ سم^٣ وبالرغم من حجمها الدقيق فإن وزنها فى المتر السطحي من هكتار من الأرض قد يزن ٣,٧ ألف كجم أو نحو ٠,٠٣٪ من وزن الأرض وتحتوى الأرض الفقيرة والأرض الرملية قليلاً من البكتريا .

وللبكتريا بروتوبلازم جيلاتيني مغطى بجدار الخلية ويعتمد أغلبها على الفضلات وتستخلص منها ما تحتاجه من كربون وطاقة من المواد العضوية وتعرف بأنها مترمة Heterotrophic والبكتريا التى لا تتطلب مواد عضوية معقدة يطلق عليها autotrophic وبعضها ذو بقع صبغية وبنا تتمكن من إستخدام ضوء الشمس وتستخدمه للحصول على حاجتها من الطاقة وتقوم بأكسدة مواد غير عضوية وتعتمد على ثانى أكسيد كربون الهواء الجوى ويوجد من هذه المجموعة بكتريا تستطيع أن تؤكسد أول أكسيد الكربون إلى ثانى أكسيد الكربون وتؤكسد الكبريت إلى كبريتات والنتروجين إلى أكسيد النتروز والأخير إلى حامض نيتريك أو إلى مركبات نتروجينية عضوية مثل البروتين النباتي والحيواني، ولا يستطيع أن يستخدم نتروجين الهواء الجوى غير عدد محدود من الميكروبات ومن بكتريا التربة التى تستخدم النتروجين الجوى بالاشتراك مع النباتات البقلية، ومقدار النتروجين الذى يثبت فى النباتات البقلية يقدر بنحو ٢٥-٧٥ كجم نتروجين فى الهكتار / سنة .

كما يوجد بالتربة أيضاً أنواع من البكتريا الحرة أو غير المتعاونة nonsymbiotic مثل الازوتوباكتر التي يمكنها استخدام النروجين الجوي واليها يرجع زيادة محتوى التربة من النروجين .
ولا تتوزع بكتريا التربة توزيعاً منتظماً في الأرض وهي تتواجد عادة في مجموعات أو كتل من عدة آلاف من الخلايا .

والاكتينومايسيتس actinomay cetes مجموعة من كائنات دقيقة ميكروسكوبية لها أهمية في انحلال البقايا العضوية ولو أن الخلية الواحدة منها لها نفس حجم بكتريا التربة إلا أن لها شكلاً مطاولاً يحيطى الأفرع ولذا يطلق عليها في بعض الأحيان الفطر ذو الشعب .

وتبلغ أعداد الاكتينومايسيتس في أى أرض نحو ١٠/١ - ٥/١ عدد البكتريا ولو أنها تشكل نسبة أكبر من جملة أعداد ميكروبات الأرض ذات نسبة الرطوبة المنخفضة والمواد العضوية التي وصلت إلى المراحل النهائية من الانحلال بالمقارنة بالأرض الرطبة أو الفضلات سريعة الانحلال وهي كمجموعة ذات أهمية في تحويل المواد العضوية إلى دبال وينتج أحد أنواعها عفن البطاطس وتنتج أنواع أخرى المضادات الحيوية ذات الأهمية الكبيرة كدواء للإنسان وكوسيلة للسيطرة على أمراض النبات .

وتحتوى التربة على أنواع كثيرة من الفطريات ومن الناحية العددية يقل عدد الفطريات في الأرض عن البكتريا أو الاكتينومايسيتس والأنواع غير المتطفلة منها تهاجم مواد مختلفة في التربة منها المواد النباتية المعقدة

مثل السليلوز واللجنين وتبدأ الفطريات تحليل المواد العضوية لأنها تنمو سريعاً بمجرد أن تصل إليها وبعض الفطريات ميكروميكوبى الحجم مثل العفن وبعضها الآخر ذو حجم كبير معقد التركيب مثل عيش الغراب (المشروم) .

والبكتريا والاكينوماستيس والفطر ضرورية لإتحلال الفضلات النباتية والحيوانية ويوجد فى الغلاف الجوى فوق سطح الأرض نحو ٥٠ طن من ثانى أكسيد الكربون وتقوم أحياء التربة فى هكتار من الأرض بإعادة مثل هذا القدر من ثانى أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوى سنوياً .

وتساهم الأحياء الدقيقة فى دورة النتروجين فى الطبيعة فالنتروجين المعززون فى الأرض كله فى صورة نتروجين عضوى والكائنات الأرضية الدقيقة تطلق النتروجين العضوى بإنتاج الأمونيا التى تنطلق إلى الغلاف الجوى فى ظروف معينة أو تتأكسد إلى نترات أو نترات بواسطة مجموعة متخصصة من البكتريا .

والبروتوزوا شكل آخر من كائنات التربة التى تعيش على البكتريا وهى أكثر تعقيداً من البكتريا ولكن عددها فى الأرض أقل منها .
والنماتودا مجموعة من الديدان غير المقسمة التى تتواجد بالتربة وأغلبها ميكروميكوبى الحجم ولو أن بعضها قد يبلغ طوله بضعة سنتيمترات أو يصل إلى عدة أمتار.

والأنواع الهامة من النماتودا من الناحية الزراعية هى التى تتطفل على

جنور النباتات ووزن جميع النماتودا فى هكتار بعمق ١ م قد يصل إلى ١٨٥ كجم .

والديدان الأرضية معروفة لدى الكثيرين وتنتشر هذه الكائنات فى الأراضي ذات الصرف الجيد والمحتوية على مواد عضوية وكلسيوم ميسور ويبلغ عدد ديدان الأرض فى هكتار من الأرض عدة ملايين وهى ذات أهمية إذ تساهم فى مزج الطبقة السطحية من التربة والمادة العضوية من تحت التربة ويمكنها أن تنقل إلى السطح فى هكتار واحد نحو ٥٠ طن من طبقة تحت التربة فى العام الواحد وتعبر ديدان الأرض دالة على جودة الأرض وعصويتها وتساهم دودة الأرض فى بناء التربة فالدودة تتغذى على التربة والمادة العضوية وتخرج الفضلات مع كربونات الكالسيوم فى شكل حبوب وتخرج بعض الأنواع فضلاتها فى الأرض وأخرى تخرجها على السطح فقط .

الفطر

الفطر أكثر الكائنات الدقيقة بالتربة إنتشاراً وعليه يقع عبء تحليل مقادير كبيرة من الأخشاب الميتة وأوراق الأشجار التى تساقط على سطح الأرض سنوياً ونسبة كبيرة من الدبال فى التربة من عمل الفطر ويتكون قسم هام من المواد العضوية بالأرض من أجسام الفطر المتعفنة كما تنمو خيوط الفطر خلال التربة بمقادير كبيرة تثبت حبيبات التربة فى مواقعها .

لم يكن الفطر معتبراً من كائنات التربة للقيمة فيها إقامة دائمة ويقوم فيها بنشاط بالغ الأثر وكان وجوده فى الأرض يعزى إلى انتقال جراثيمه إليها عن طريق المصادفة حتى نشر واكسمان (جامعة روتجرز) رأيه بأن الأرض تعج بالحياة لكثرة ما بها من فطر مختلف الأنواع . فأجرى سلسلة من التجارب التى بينت أن فئات الفطر التى حصل عليها من العينات المأخوذة من الأرض كانت تنمو نمواً نشطاً فيها وأنها ليست بمجرد جراثيم حاملة ثم أثبت وجود مجموعة نباتية خاصة (فلورا) من فطر التربة كما أن الأنواع نفسها تتكرر عادة فى مختلف أنواع التربة المتماثلة فى شتى بقاع الأرض .

والمعروف اليوم أنه توجد أنواع متخصصة من الفطر تقوم بنشاط فعال فى حياة التربة فى تتابع منتظم فقد يبادر فطر بمهاجمة جذر مات حديثاً وبذلك يمدد لمجموعات كبيرة من أنواع الفطر الأخرى التى ينحصر مجال نشاط كل منها فى مادة من المواد التى يتكون منها الجذر ولو تابعنا ما يحدث فى كوم من الأوراق المتحللة وإذا أضيفت جراثيم عيش الغراب إلى كوم حديث من أوراق الأشجار المحفوظة لإعداد السماد لما نبت منها فطر وتفسير ذلك أن عيش الغراب العادي يحلل مادة اللجنين (هى المادة التى تسبب صلابة الخشب) وتأتى فى ختام سلسلة طويلة من أنواع الفطر المتخصصة ولا بد لها أن تنتظر حتى يحل دورها .

ويعيش معظم أنواع الفطر على المواد العضوية الأرضية ولما كانت

هذه المواد موجودة بمقدار أكبر على سطح التربة فإن الفطر يزداد فى الطبقة السطحية ويقل عدده تحت سطح الأرض .

ويدو أن الفطر لم يغير طريقة حياته منذ سكن الأرض والفطر المسمى بالفطر اللزج إحتفظ لنفسه بطريقة غريبة لحياته مما جعل الباحثين يشككون فى أنه فطر حقيقي . ويقف هذا الفطر على الحد الفاصل بين المملكتين الحيوانية والنباتية فعلماء الحيوان يعتبرونه حيواناً وعلى الجانب الآخر يعتبره علماء النبات نباتاً ويطلق علماء الحيوان عليه إسم حيوانات فطرية mycetozes ويسميه علماء النبات الفطر المخاطي* myxmycetes.

ويوجد الفطر المخاطي فى كل موضع بالغابة وعرف منه حتى الآن نحو ٥٠٠ نوع يختلف بعضها عن بعض وتبدو مشابهة بالحيوانات الهلامية البيضاء ولو أنها قد تلتون بألوان أخرى وحجم هذا الفطر ضئيل لا يتجاوز ١-٢ بوصة وهو كتلة صلبة أو قطع بروتوبلازمية عادية بلا خلايا ولا تركيب خاص ولا أنسجة بل مجرد مادة حية متحركة فحركة الفطر المخاطي شبيهة بالحيوانات وحيدة الخلية وقد يفامر بالخروج من التربة ويهاجر زاحفاً بسرعة القواقع إلى المواقع المكشوفة على الصخور أو الأخشاب ولا يلبث أن تتحول الكتل اللزجة إلى باقات من الزهور وكور متفتحة وفناجيل ملونة وعيش الغراب وبذا قد أصبح الحيوان نباتاً جديلاً .

* يذكر Peter Farb أن هذا الفطر قد يكون (مخاط الأرض) الذى جاء ذكره فى سفر التكوين بالتوراة أو المادة الأصلية التى تبث فى الخيال صورة الطين اللبن الذى خلقت منه مملكة الأحياء .

ولم يتعرف الباحثون على مخ للفطر اللزج وهو عدلايا عصبية غير أن حركته مضبوطة حينما يهاجر بإختيار منطقة جافة إلى أخرى رطبة وليس له أعضاء تناسلية غير أنه يتكاثر جنسياً بإندماج خليتين وجسمه فى بعض الأوقات عارٍ بلا غطاء .

يطلق الفطر جراثيم تكاثره فتحملها الرياح والمياه حتى تستقر وتأخذ فى النمو والفطر عاجز عن القيام بعملية التمثيل الضوئي - العملية التى تصنع النباتات فيها الغذاء من الكلوروفيل والماء وأشعة الشمس - وذلك لخلو الفطر من الكلوروفيل فيأخذ فوراً فى مد زوائده باحثاً عن طعام فيعثر عليه فى صورة شريك من الطحالب الخضراء أو الخضراء المزرققة وهى التى تقوم بعملية التمثيل الضوئي وتصنيع الطعام الذى يحتاجه الفطر.

وعندما يعلو الفطر على الطحالب تمتد منه خيوط تثبت الشراكة تثبتاً لا انفصام له ويعيش الشريكان بعد ذلك كأنهما فرداً واحداً والأغلبية من الفطر تعجز عن الوصول إلى الشريك الصالح لها فتذبل وتموت .

ويخفف هذه المشكلة احتمال تلاقي الفطر مع الطحلب - إن بعض أنواع الطحالب tobouxia وهى أكثر أنواع الطحالب مشاركة للفطر تنتشر انتشاراً واسعاً على أسطح الصخور .

والشريك الفطري هو الذى يقرر نمو النبات وإتجاه إنتشاره وهو الذى يقوم بحملة تفتيت الصخرة وإمتصاص الماء أما الشريك الطحلي فليس له سوى عمل واحد فهو يأخذ المواد الخام التى جمعها له الفطر ويحولها إلى

طعام، فالطحلب وحده هو الذي يستطيع أن يستخدم طاقة الشمس فى بناء مجموعة معقدة من المركبات .

وقد يبلغ الفطر فى الطبقة السطحية ٩٠٪ من جملة الفطر الموجودة بالتربة فى حين لا يوجد فى طبقة تحت السطح إلا بعض عيوط قليلة وينقص عدد الأنواع أيضاً نقصاً سريعاً كلما تعمقنا فى التربة وقد سجل سيجون رسل بإجلترا وجود ثلاثين نوعاً من الفطر فى البوصة العليا من التربة نقصت إلى ١٩ نوعاً على عمق ٦ بوصات ثم إلى ١١ نوعاً على عمق قدم واحد .

وأكثر ما يلفت نظر السائر فى الغابات من الفطر هو الجزء الخضري من عيش الغراب والفطر لا يحتاج إلى أوراق تقوم بالتمثيل الضوئي ولذلك فهو من النباتات العجيبة فى بساطتها وقدرتها ويمكن مشاهدة سرعة نمو الفطر بكشط شيء منه فى محلول من العناصر المغذية وسرعان ما ترسل النقطة الدقيقة منه أصابع طويلة يتفرع منها أصابع أخرى وتكون هذه الخلية فرعاً جديداً كل نصف ساعة وينمو هذا الفرع بدوره نمواً بنفس السرعة ويتفرع فى فترة زمنية ماثلة وهكذا... وكل خيط فى كل فرع قد يمتد بسرعة ١ / ١٠٠ من البوصة فى الساعة ويفسر ذلك ما تشاهده بعد يوم أو يومين من أن الطبق بأكمله قد أصبح مغطى بأميال من المسيليوم (الخيطوط) ويشبه المسيليوم مجموعة من الخيوط المتشابكة ويتكون الخيط الواحد من خلايا دقيقة بسيطة التركيب والخلية بها جدار

من مادة السليلوز كما فى معظم النباتات الأخرى، ويدخله بروتوبلازم ونواة وتراوح خلية الفطر الواحد بين ١/٢٥٠٠ ، ١/١٠ بوصة وكل خلية فى مسليوم الفطر تعتبر وحدة فرعية قائمة بذاتها فى مؤسسة عامة كبيرة فهي تقوم بالعمليات الكيميائية الخاصة بالتغذية وإخراج الفضلات وتنتج عشرات الأنواع من الأحماض والإنزيمات التى تهضم الطعام مقدماً قبل أن تتبلع الخلايا ويحتويه البروتوبلازم وينتج المسليوم مواد كيميائية على الخشب الصلب أما الأوراق فتحللها تحليلاً كيميائياً إلى مواد أبسط تركيها ثم يقوم المسليوم بامتصاصها ثم الإستفادة منها فوراً فى بناء خلايا فطرية جديدة تقوم بدورها بإفراز عصارات تذيب مقداراً آخر من الخشب وهكذا ...

وتختلف البكتريا وهى الميكروب الأقدر فى تعفن المواد العضوية عن الفطر فى أنها لا تستبقى لنفسها إلا مقداراً لا يزيد عن ١٪ من المواد التى تجهزها .

والميكورهيذا* هى إتحاد فطريات معينة مع جذور النبات وقد أوضحها أولاً قرانك (١٨٨٠) وقد إتضح وجود نوعين من الميكورهيذا وهما ميكورهيذا خارجية وميكورهيذا داخلية .

وفى أوائل القرن العشرين ركزت الدراسات على الميكورهيذا

* د. عصام قريش ، (رسالة ماجستير) ، كلية الزراعة ، جامعة الإسكندرية .

الخارجية بينما أهملت الميكورهيذا الداخلية رغم أن أهم النباتات الاقتصادية تكون اتحاداً مع الميكورهيذا وذلك لأنه فى حالة الميكورهيذا الداخلية لا توجد مظاهر للتغير فى الجلور حتى فى حالة شدة العدوى .

وفى أواخر ١٩٦٠ أوضحت دراسات Moss أن الميكورهيذا أدت إلى نشاط نمو النبات خصوصاً فى الأراضى الفقيرة فى الفوسفور الميسور ومنذ هذا الوقت نشطت الدراسات عن دور الميكورهيذا فى الزراعة ونشرت عدة مراجعات عما تم من تقدم فى نشاط اتحاد الفطريات والنباتات ومنها دراسات لويس (١٩٧٥) وتكسر ١٩٧٥ وهابان (١٩٧٨) وغيرهم .

وأوضحت دراسات Koch & Moss (١٩٦٣) أن الميليوم الخارجى من Vesicles my corhyza يتكون من شبكة تحمل الأجسام المثمرة من الندوب Vesicles الخارجية وهى جراثيم كروية أو بيضاوية تتكون من جرثومة واحدة أو مجموعة جراثيم وتكون عادة فى مجموعات عند طرف أفرع الهيفات أو وحيدة على أحد الأفرع القصيرة وتختلف أحجام الجراثيم من ٢٠ إلى ٢٥٠ ميكرون فى القطر وهى ذات نويات متعددة تملئ بقطرات من الزيت عند نضجها ويختلف نوع الجراثيم وطريقة إمتلائها بالزيت من نوع إلى آخر ويستخدم ذلك فى تقسيمها .

وتوجد الميكورهيذا الخارجية فى الهيفات غير المتخصصة والهيفات الأساسية ذات قطر ٧-١٠ ميكرون ويتصل الفطر المنتج بطوره الداخلى

والهيفات ذات الجدر الرقيقة قطر ٢-٧ ميكرون تكون أفرعاً جانبية مؤقتة ولو أنها قصيرة الحياة فإنها تكون طريقة إضافية لإختراق جذور النبات وتنمو الهيفات الأساسية والهيفات المتفرعة على سطح الجذر وتخترق الجذر عن طريق إنتفاخات على سطح الجذور والشعيرات الجذرية وقد يتم إختراق الجذر فى مساحة ١ أو ٢١ مم فى الإصابات الشديدة .

وتنتشر الهيفات الداخلية بين الخلايا بإختراق قشرة الجذر مكونة ندوب Vesicles أو arbuscules فى نقاط محددة .

وتوجد بعض الظواهر التى تشير إلى أن أنواعاً من الميكورهيذا الداخلية تفضل الاتحاد بأنواع معينة من النباتات وقد أوضح Fox & spassof (1972) وجود مقادير كبيرة من جراثيم من *Endogina gigantea* متحدة بجذور الذرة والراى أكثر مما وجد فى فول الصويا صنف Lee ووجد Tolle (1938) ميكورهيذا على سطوح معقمة من جذور نبات الشوفان *oats* والشعير وأنها تتبادل الإصابة ولكنها لا تصيب القمح أو الراى .

والميكورهيذا الداخلية ذات مسليوم رفيع قد تفضل الاتحاد بمحشيشة *Tuscat* فى مرتفعات نيوزيلندا ولكنها يمكن أن تعيش أيضاً مع المسليوم الأكثر خشونة من الميكورهيذا الداخلية فى نفس الجذر .

وقد تحتوى الأرض فى الحقول المتجاورة جراثيم مختلفة الأنواع ولو أن ذلك غير مرتبط بالعائل (هلمان ١٩٧٥) ولو أن Fruckelman (1975) على الجانب الآخر قد أوضح بتجارب الحقل وجود مجموعة من

الجراثيم المختلفة فقد أوضح Moss (1962) مجموعة مختلفة من أنواع جراثيم Endogena فى اتحاد ميكورهيذا مع التفاح والبرسيم والخيار والبصل والباسلاء والفراولة والطماطم وقد أصاب هذا النوع أيضاً فول الصويا والمواخ والذرة وتتزايد الشواهد على أن للميكورهيذا الداخلية يمكن أن تختلف فى قدرتها على تحسين نمو النبات .

الفوسفور والميكورهيذا

والموضوع ذو الأهمية حالياً هو الإهتمام بنور الميكورهيذا فى تحسين التغذية بالفوسفور بالنسبة للعائل فالنباتات قد تحمل بنور ميكورهيذا التى لا توجد فى أراض طبيعية أو مزروعة وتتميز غالباً بوجود قليل من الفوسفور فى أراض ذات محتوى منخفض من الفوسفور الميسور أقل من نباتات تحتوى ميكورهيذا .

وأوضح Alexander (1976) أن وجود الميكورهيذا يكون غزيراً بصفة خاصة فى الأرض الفقيرة فى الفوسفور والنيتروجين وغنية فى العناصر الغذائية الأخرى ويرتبط ذلك بنمو الميكورهيذا وأن إنتاج هذه الأرض ذو قوة واضحة عندما تكون فى الجملور احتياطات كبيرة من الكربوهيدرات وخاصة بعد التمثيل الكلوروفيلى وقد يكون ذلك دليلاً على قدرة العائل على مد الطفيل بالكربوهيدرات الضرورية لنموه أو أنه لا يمكن إستبعاد إمداد العائل للطفيل بالأحماض الأمينية وفيتامين B وعوامل النمو الأخرى .

ويمكن لهيفات الميكورهيذا أن تمتد متجاوزة منطقة التربة التى
أستنفذت فوسفورها المحيطة بسطح الجذر لتستنفذ الفوسفور من منطقة
أخرى من الأرض وأوضح هايمان أن هذه الآلية الفيزيائية تفقد أهميتها إذا
أضيف فوسفور سمادى إلى التربة مما يؤدى إلى أن إستنفاد الفوسفور
يحدث عندما يكون التأثير الغذائى للميكورهيذا غير هام .

وعلى أى حال إذا كانت التربة تثبت الفوسفور (مثلاً يحدث فى
أراضي اللاترايت الحديدية فى المناطق الأستوائية) فقد يستجيب النبات
إلى الحقن بالميكورهيذا حتى بعد إضافة السماد الفوسفورى .

والكائنات التى تعيش فى التربة كثيرة وتتراوح المخلوقات الأرضية
بها ما بين الدقيقة التى لا تظهر حتى تحت المجهر والكبيرة فالدودة الأرضية
وهى من أكبر الحيوانات اللافقارية حجماً ويبلغ حجمها نحو مليون
ضعف حجم أصغر الأنواع التى يمكن تمييزها بالعين المجردة كـ بعض
العنكبوتيات متناهية الصغر mites .

نمو وموت الخلايا

بالرغم من أن العديد من التغيرات تحدث خلال نمو البكتريا تحت
الظروف الملائمة يبدو أن التطور الخلوي والتكاثر يحدث بانتظام تام فى
حالة رتيبة منتظمة والواقع أنه يمكن أن نلاحظ التطور فى النمو
وبدرجات دقة معقولة أن معدل التغير يمكن أن يقدر أيضاً ويبدو على أية
حال أنه لكى ندرس دورة البكتريا أو لنقدر أثر الظروف الفيزيائية

والكيميائية على الخلايا البكتيرية يجب أن يؤخذ في الاعتبار بعض طرق تقدير التغيرات في النمو والبكتريا شديدة الصغر حتى أنه يمكن القول أنه من المستحيل دراسة نشاط الواحدة من الخلايا البكتيرية منفردة ولو أن ذلك قد حدث وفي أغلب الحالات تتم دراسة البكتريا في مجموعات . ويمكن عد البكتريا بطريقة تقدر إما العدد الكلى للخلايا الحية والميتة أو عدد الخلايا الحية فقط .

والطريقة الأولى يطلق عليها العدد الكلى بينما يطلق على الثانية العدد الحى واختيار أى الطريقتين يتوقف على المعلومات المطلوب تحقيقها ويتضح إستخدام كلا الطريقتين عند دراسة مينا بولزم البكتريا أو حساب الاطوار النامية في بيئة بكتيرية .

دور البيئة البكتيرية

عندما تحقق بكتريا معينة في بيئة مغذية تحت ظروف ملائمة فإن النمو البكتيرى الناشئ سوف يتبع نظاماً محدداً وكقاعدة عامة يلزم بعض الوقت القصير قبل بدء إنقسام الخلايا خصوصاً الأقدم غير أنه بمجرد مرور فترة تنقسم الخلايا ببطء حتى يتوقف النمو ويظل العدد ثابتاً ثم يزداد الإنقسام حتى يصل إلى نهاية عظمى وعندئذ يظل ثابتاً ويدأ في النقصان البطيء حتى تموت جميعها ويرى بوكانان أن حياة أطوار البكتريا أكثر تعقيداً وقسم المنحنى الذى يمثلها إلى ٤ أطوار بل إلى ٧ أطوار .

طور التكيف والشباب الفسيولوجى

والتعبير " الشباب الفسيولوجى " يطلق على الفترة القصيرة نسبياً من دورة المجموعة عند تكون الخلايا فى طور الإبطاء أو فى أول وآخر عمر البيئة الثانوى "B" التى صنعت خلال الطور المبكر لدورة المجموعة أما البيئة الثالثة "C" التى صنعت خلال طور البطء (الطور بعد التكيف) .

واقترح بوكاتان الفصل بين الطور الثابت الأول وطور البطء ولو أن التقسيم بين الطورين لا يوافق عليه عدد من الباحثين ودرست ظاهرة التكيف البكتيرى دراسة مكثفة واقترحت عدة نظريات لتفسير هذه الفترة فى أول منحنى النمو منها نظرية الإخراج الخلوى ونظرية مكونات الخلية المتوسطة ونظرية الاعتبار الخلوى المبنية على أساس أن أى مصل inoculum يتكون من خلايا ذات قدرات مختلفة للنمو وبذا فخلال طور البطء فإن الخلايا ذات النمو السريع يمكن أن تسود وتحدث ظاهرة التكاثر فهذه الخلايا ذات قدرة على التكاثر السريع .

والتغيرات فى مقاومة الخلايا للعوامل الملاحمة خلال طور الشباب الفسيولوجى أحد الخواص الهامة لطور الخلايا فى شبابها الفسيولوجى وهو إنخفاض مقاومتها لعوامل فيزيائية وكيميائية .

العوامل المؤثرة على النمو

١- صفة البكتيريوم بمحتص البكتريا ويبدو أنه ينمو بسرعة أكثر من غيره ومعدل النمو محسوباً على أنه مدة الأجيال لعدد من البكتريا النامية تحت ظروف ملاحمة .

٢- البيئة وبصفة عامة فكلما كان التركيز ملائماً فى البيئة كلما أسرع النمو فاختلاف تركيز الببزين فى البيئة من ٠,١٢٥٪ إلى ١٪ فإن فترة الحجل فى Eberchellaty Phasa اختصر من نحو ٥٠٠ دقيقة إلى نحو ١٠ دقائق .

طور الموت المعجل

وحالة التوازن بين الكائنات المتكونة حديثاً والخلايا التى تموت والتى لوحظ قد يستمر لمدة ساعة أو قد يطول لعدة أيام وعمرد أن تضطرب حالة الإتزان هذه وتبدأ الخلايا فى الموت أسرع من تكون الخلايا الجديدة فإن عدد الخلايا الحية يبدأ فى الإنخفاض ويتحول طور النبات إلى إضمحلال وقد تمثل فترة الإضمحلال هذه نوعاً من البطء أو التكيف مع الظروف غير الملائمة .

وكما كانت فترة البطء فإن هذه الفترة معرضة لتغير كبير يتوقف على الكائن نفسه وعلى الظروف .

حشرات تعيش فى باطن الأرض

بعض الحشرات ذات ذنب وهى لا تخرج من باطن الأرض إلا لفترات قصيرة إذا كان الجو رطباً فهى مزودة بحاسة الإبصار وجلدها به مواد ملونة ولو أن منها أنواعاً بلا عيون أو مواد ملونة تعيش فى طبقات أكثر عمقا .

وذوات الألف رجل تجد فى التربة ما يقيها من التقلبات وعلى الرغم

من كبر حجمها نسبياً وكثرة عددها فى بعض الأحيان إلا أنها لا تقوم بدور هام فى دورة المادة (إتحلال المواد العضوية إلى دبال) لأن فترات نشاطها محدودة ونشاطها متوقف طوال الصيف لجفافه ولو أن الترتيب أيضاً قد يوقعها فى خطر فالأطوار الناقصة النمو من الأنواع الكبيرة قد يغلفها غشاء من الماء فتبقى حبيسة فيه كما أن المطر الغزير يقطع عنها مورد الأوكسجين .

وتحت سطح الأرض شبكة من الأنفاق صنعها الخلد أو الفأرة العمياء (Mole) وهذه الشبكة شبيهة بعش النحل وأنفاق الشرو وممرات ديدان الأرض ويوجد كل ذلك بأعداد وفيرة وتشق الحفارات لنفسها طرقاً فى تربة الغابة مما يعطى للسائر على سطحها شعوراً بأنه يبطأ بقدميه على مطاط إسفنجي ملى بالهواء . والفئران أكثر الثدييات شيوعاً على سطح أرض الغابة ويوجد فأر الظبى (deer mouse) فى الغابات على اختلاف أنواعها وهو يستمر فى العمل طوال السنة خلال برد الشتاء (تحت الصفر المئوي) ليبحث عن طعامه من البندق والبنور التى يدخر منها أحياناً نحو ١/٤ جالون تحت سطح الأرض ومن رأى بعض المصادر أن الشرو أكثر الحيوانات فى الغابة عدداً ولو أن السرية التى يتبعها فى حياته أبعدته عن لفت الأنظار ومع ذلك فهو موجود فى كل موضع تطؤه الأقدام من أرض الغابة والشرو تلازمه المعيشة تحت سطح الأرض تماماً فقمه مكون من عظام تشبه المحرات كثيراً وفراؤه قطيفى لللمس لا يتلبد حتى وإن رجع إلى الخلف وهذه ميزة كبرى تساعده على المرور فى الخلود التى تفرضها

عليه الممرات الضيقة وهو يعتمد تحت سطح الأرض على حاستي السمع واللمس عن طريق شواربه شديدة الحساسية .

ويستهلك الشرو من الطعام ثلاثة أضعاف وزنه يوميا وتشمل شهيته العظيمة للطعام الحيوانات الصغيرة الحية كالحشرات والديدان والقارضات والثعابين والطيور وهو حيوان شرس وإذا منع الطعام عن عدد منها إلتهم كل منها الآخر ووصفه بعض الباحثين أنه حيوان كاسر يتظاهر بالوداعة والألفة غير أنه إذا لمس بعض عضواً عميقاً ويسمم تسمماً مميتاً .
ولو أن بعض الباحثين لا يوافقون على أنه سام ولو أن بعض الدراسات التالية أوضحت أن بقواطعه مادة سامة .

ويشترك الخلد (الفأرة العمياء) في كثير من مواطنه مع الشرو وتحفر الخلد الأرض لبناء مأوى تعيش فيه ولتبتعد عن الديدان والحشرات التي تتغذى عليها والممرات التي تحفرها الخلد تلفت الأنظار بوجود أكوام من التراب يدل على وجود الخلد دلالة واضحة ومما يذكر عن الخلد أنه لا يحفر أنفاقه إلا ليلاً .

والخلد لا يسير في ضوء الشمس إلا نادراً بينما السنجاب فأر الجبل لا تعيش في بيوتها المظلمة إلا فترة ثم تظهر فوق سطح الأرض لتأكل أو تتكاثر .

ديدان الأرض

تنتمي ديدان الأرض إلى رتبة الحلقيات ويبلغ عدد الحلقات في كثير من أنواع ديدان الأرض من ٢٠٠-٣٠٠ حلقة أو قطعة وأغلبها

جسيمات صغيرة تتكرر فيها الأعضاء الداخلية إلى مالا نهاية والقول الشائع أن دودة الأرض يمكن أن تقطع إلى نصفين ثم ينمو كل منهما إلى دودة جديدة هو قول عارٍ عن الصحة فقدرة الديدان على تجديد الأعضاء قدرة محدودة فالقطع التي تفقدها كما يحدث أحياناً عندما يتمكن طائر من قضم جزء من دودة تستطيع أن تجد بدلاً منها غير أنها لن تكون فى حجم تلك التي قطعت أما القطع الحلقية فيمكن تجديدها بسهولة أكثر فلو أزيل من موخر الدودة ما يصل إلى $\frac{5}{4}$ (أربعة أخماسها) فإنها ستشئ بدلاً عنها ذيلًا جديدًا .

ولا صحة أيضاً لتكاثر الديدان بإنقسامها إلى نصفين فالواقع أن عاداتها فى التكاثر شديدة التعقيد لأن كل دودة مذكرة ومؤنثة فى نفس الوقت فهى تنتج البيض كما تنتج المنى، والكائنات الخنثى واسعة الانتشار فى عالم الأحياء غير أن ديدان الأرض لا تستعمل أعضاء تناسلها المزدوجة فى تلقيح نفسها فما زال لازماً على الدودة أن تجد لنفسها رفيقاً .

وإن كانت أى دودة تمر بها من نوعها تودى الغرض ما دامت كل منهما ذكراً وأنثى وعند التلقيح يقوم كل فرد بإخصاب الآخر ويتبع كل منهما بيضاً ويحدث الجماع بأن يلتصق السرجان ويفرز سائلاً يثبت الدودتين معاً تثبيتاً محكماً والسرج طوق من الحلقات الكبيرة يبعد عن رأس الدودة بنحو ربع طولها ثم تحقن كل دودة حيواناتها المنوية فى زميلتها وتفرق الدودتان عقب ذلك مباشرة ويفرز السرج كيساً رقيقاً

خارجة وتنسحب الدودة إلى الخلف خارجة من الكيس وتترك فيه أنثاء ذلك البيض والحيوانات المنوية التى سبق أن تلقتها من زميلها وما أن يسحب رأس الدودة من الكيس حتى يقل تلقائياً على ما به من بيض مخضب ويعرف الكيس بالشرقة ويتم فيه نمو البيض المخضب إلى ديدان صغيرة .

وشرائق الديدان تسمح لها بالإحتفاظ بحياتها فى الظروف السيئة وهى تقف عادة بعد أسبوعين إلا إنها قد تبقى ساكنة تقاوم الجفاف الثام ودرجات حرارة التجمد لمدة قد تطول إلى السنتين .

وتحمل كل حلقة من حلقات الدودة أربعة أزواج من الزوائد الشوكية تحركها عضلات خاصة قوية فى أى إتجاه لتساعد على الحفر وتوجد عضلات أخرى تسمح للدودة بأن تزيد أو تنقص طولها أو أن تضخم أو تزداد رفعاً وتستطيع الدودة أن تتحرك إلى الأمام وإلى الخلف وقد عرف عنها أنها تستطيع أن ترحل أحجاراً صغيرة تعادل وزنها خمسين مرة .

النمل

تحت سطح الأرض ليس بيئة لحياة الكائنات الدقيقة فحسب بل يوجد عدد من أنواع الحشرات تتخذ من تحت سطح الأرض مسكناً ومسرحاً لنشاطها ومن هذه الأنواع النمل ومنه أنواع متعددة ومن أشهرها نمل تحت السطح الأبيض (الترمايت) Subterranean Termites . يمكن لهذا النمل أن يسبب أضراراً شديدة للمصنوعات الخشبية

والمنتجات التي تحتوي على السليلوز Cellulose والمنتجات المخزونة أو التي تستخدم في البناء .

ويحصل هذا النمل على حاجته من الماء من الأرض التي يوجد مستعمراته بها فغلاؤها من الخشب وتحتوي مستعمرة الترمائت أفراداً بمنحة ناضجة للتناسل وأفراداً من الشغالة الناضجة وجنود وعذارى صغار كل منها له عمل خاص يقوم به .

وتخرج الأفراد المنحة مبكراً في الربيع وتقوم بالطيران لتتشيئ مستعمرات جديدة وإذا لم تستطع فإنها تقطع أجنحتها وتموت إذا لم تجد طريقها إلى الأرض وهذا النوع من الترمائت لا يستطيع أن يعيش في الخشب المصقول أو الأثاثات في المنازل ولا يقوم بالطيران غير مرة واحدة كل عام من المستعمرة الواحدة .

والشغالة هي التي تلتف الأخشاب فهي تقوم بعمل ممرات فيها وتمتد هذه الممرات مع لب الخشب وجوانب هذه الممرات رمادية اللون مما تخرجه النملة وهذه الصفة مميزة لنمل الترمائت فقط أما الممرات فغالية من مسحوق الخشب وهذا يميز نشاط هذا النمل عن نشاط نمل أجناس أخرى وتوجد الترمائت في جميع ولايات أمريكا ولكنها شائعة الوجود في جنوب الولايات المتحدة .

مزارع تحت سطح الأرض

ويوجد تحت سطح الأرض نحو ١٠٠ نوع من النمل منها نمل الفطر الذي يقوم بإطعام نفسه وصغاره بما يزرعه من فطر وأكثر ما درس منها

الأنواع التي تقطع أوراق الأشجار فى المناطق الاستوائية وتعرف بسلالة (عطا Atta) وهى تقضم الورقة من قاعدتها (وقد تجرد الشجرة كلها من أوراقها فى ليلة واحدة) وتحملها إلى عشها وتبلغ النملة نحو نصف بوصة طولاً ولونها أحمر أو بنى هيكلاً شوكي وهى كثيراً ما تحمل قطع الأوراق فوق رؤسها كالشمسية .

وكان W. Peat من أوائل من لاحظ قيام هذا النمل بجمع الأوراق ففي عام ١٨٤٨ أشرك Peat مع عالم آخر (الفرد والاس) ونانت شقيق والاس الأصغر وبعد أن قضوا ٤ سنوات قاسوا فيها صعوبات لا حصر لها.

وبعد مرور بضع سنوات تبين لتوماس بيت أثناء قيامه برحلات استكشافية فى نيكاراغوا أن الأوراق ليست لعمل الأسقف فى المستعمرة وهى أيضاً ليست ليأكلها النمل بل القرض الأول والأخير من جمعها أن تكون سماداً عضوياً لخلائق عيش الغراب .

وعندما تزك الملكة العش تحمل فى كيس خاص داخل فمها قطعة دقيقة من الفطر من النوع الذى تزرعه فى مستعمراتها ويتوقف نجاح مدينة النمل التى عليها أن تؤسسها توقفاً تاماً على حسن قيامها وعنايتها بها فبعد أن يتم التزاوج تهبط إلى الأرض وتحفر غرفة فى التربة فتزرع الحبيبات بفكيها وتدفعها إلى الخلف بأرجلها الأماميتين ثم تجلس نفسها فى الظلام مدى حياتها ومن هذه البداية سوف يظهر يوماً ما مدن فى عظمة المدن التى نعرفها .

وتقوم الملكة بغرس حديقتها ولا بد أن تكون ظروف الحرارة والرطوبة مضبوطة وأن تمنح أى منافسة تقدم عليها أنواع الفطر الأخرى وبطريقة ما تحتفظ هذه البقعة من الحديقة بالحياة فالملكة تسمدها بفطريات من يرازها بل ويعدد كبير من بيضها ومع العناية بالحديقة فعلى الملكة أن ترعى وترعى الدفعة الأولى من ذريتها وتطعم الصغار ببعض أخوتها ويتكون النسل الأول من أقزام صغيرة الجسم تعمل بنشاط فى العناية بالفطر حتى تموت إعياء ثم تلقى أجسادها فى الحديقة كسماد إضافي فحياة مستعمرة النمل من طراز "عطا" تستلزم التضحية بالنسبة الأولى .

أحياء أخرى تحت سطح الأرض

من أهم الأحياء تحت سطح الأرض جنور النباتات وأما أنها حية فالشواهد على ذلك كثيرة وأوضحها نمو النبات فوق سطح الأرض فإذا صادف الجنر ما يوقف حياته مات النبات فوق سطح الأرض ، ومما شواهد متعددة عن حياة جنور النباتات نشير إلى بعضها .

تحتفظ الأشجار بقدرتها على إنتاج فروع وتستمر هذه القدرة بشكل يكاد يكون دائماً ما دامت الجنور على قيد الحياة ويذكر فارب Farb أن منطقة غابة البلوط والكستناء (أبو فرة) Chestnut التى تغطى جنوب نيوإنجلاند وتمتد جنوباً على سلسلة جبال أبالاشان Appalation ويذكر أن الكثير من الأشجار ذات الجنوع الطويلة الوارقة التى لا تبلى مسنة إلى حد كبير إنما هى عجوز فى أرذل العمر فى أجزائها تحت سطح الأرض

ولعلها ما زالت تنمو على الجنور الأصلية نفسها التي نمت عليها الأشجار العملاقة التي شاهدها المهاجرون الأوائل من أوروبا وقد زالت أشجار الكستناء من غابات أمريكا بفعل مرض فثاك ورغم ذلك ما زالت جنورها محتفظة بالحياة تخرج جنوع أشجار قضى عليها بدورها وكانت أشجار الكستناء حائزة السبق بين كافة الأشجار فى إخراج الفروع وقد سجل لبقايا شجرة كستناء واحدة أنها أنتجت ٣٧٥ (ثلاثمائة وخمسة وسبعين) ساقاً مورقة غير أن المتوسط العادى يبلغ نحو ستين فرعاً ولا تنتج أشجار البلوط السوداء مثل هذا العدد وقد قطعت إحدى الأشجار ذات مرة فقدمت (farb هو المتحدث) فى العام التالى ١٦ فرعاً فقط .

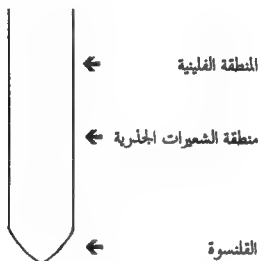
ولن يستطيع الإنسان أن يقدر ضخامة العمل الذى تقوم به الجنور إذا اقتصر على الأشجار التى أعيد غرسها فى الحدائق وأعتنى بها فهذه الأجزاء الحية الجبارة تنمو فى أحسن حالاتها إذا واجهتها الشدائد كأن تكون التربة فقيرة والماء يصعب العثور عليه فحيث تنمو الجنور وتتفرع باعثة كشافها فى كل إتجاه وكثيراً ما تترك المواقع المنفصلة من التربة وهى تقوم بهذا البحث . ويصعب إخراج مجموعة جنرية كاملة لشجرة عملاقة لقياس أبعادها ولو أنه قد أجريت تجارب فى العامل على الحشائش وتبين أن نبات شعير واحد عمره أربعة أشهر فقط كونه تحت سطح الأرض مجموعة جنرية طولها ٧٠٠٠ (سبعة آلاف) ميل من الجنور والشعيرات الجنرية .

كما أن نباتاً واحداً من النجيل الأزرق غرس فى أصيص قطره ثلاث

بوصات وعمقه ست بوصات أنتج مجموعة جذرية عملاقة ملأت ٣٪ من حجم التربة وإذا كان هذا شأن الحشائش الصغيرة فى إنتاج مثل هذه الجذور العملاقة فلا بد أن يكون النشاط الذى يجرى تحت سطح الأرض فى الغابة فى يوم رطب من أيام الربيع نشاطاً هائلاً.

إذا فحصنا طرف جذر بعدسة مكبرة نشاهد أربع مناطق ففى الطرف توجد القلنسوة التى يميل لونها إلى البياض وهى تحيط بطرف الجذر كقمح الخياط (الكستبان) وتحمل الصلصات الناجمة عن إحتراق الجذر للتربة وتنفذ القلنسوة الكثير من خلاياها باستمرار بإحتكاكها بجسيمات التربة إلا أنها تعوض ما تفقده بما يضاف إليها من خلايا جديدة من نوعها ويقوم هذا الطرف الرقيق بالعمل الثقيل فى الجذر كله فهو الذى يشق الطريق فى التربة ويشبه ذلك المثقاب وتوجد منطقة استطالة الجذر تالية للقلنسوة ولا يتجاوز طول هذه المنطقة (١ سم) ويحدث فيها إنقسام سريع ومستمر للخلايا كما أنها المنطقة الوحيدة فى الجذر التى تزداد فى الطول ويليها منطقة الشعيرات الجذرية الوبرية الملمس وهى المنطقة التى يمتص الجذر الغذاء عن طريقها ولا يتجاوز عمر الشعيرات الجذرية بضعة أسابيع إلا أن تكون الشعيرات يستمر دون إنقطاع ويسبب نمو منطقة الإستطالة وتوغلها داخل التربة وهكذا تتصل شعيرات جذرية حديثة التكوين على الدوام بجسيمات من التربة لم تلمسها من قبل وأخيراً تأتى منطقة طويلة ملتوية بنية اللون مغطاة بالفلين وهى الجذور التى نراها عند نقل نبات لتعيد غرسه وهذه المنطقة أقدم مناطق الجذر جميعاً ، وقد كانت مغطاة

بالشعيرات الجذرية وكانت تعمل على تغذية النبات عندما كان صغيراً أما وقد أصبح لونها بنياً ولم تعد صالحة لإمتصاص الماء فإنها تعمل كمجرد أنبوبة توصل الماء من منطقة الإمتصاص إلى جميع الشجرة وتتكون المادة البنية من الفلين كما فى القلف الذى يغطى جنود الأشجار وقد يختلف فلين الجذر عن فلين الساق ويرجع ذلك لإستحالة تراكم طبقات سميكة من القلف فى العروة لوجود مجموع حاشدة من الميكروبات تحيط بالأنسجة الأرضية .



المظهر الخارجى لجذر

وتستطيع أطراف الجذور أن تكون هذا النسيج خلال العروة الصلبة والصخور التى تعترض طريقها نتيجة للضغط الناشئ عن الاستطالة الذى قد يعادل ١-٢ رطل ولأنه موجه نحو طرف جذر فى حجم الإبرة فإنه يكون له قوة دافعة كبيرة وطرف الجذر كالإصبع الرقيق الذى يتفحص

الطريق ويستجيب لعوامل شتى فإذا قابل جسمًا صلباً انخرق عنه أما إذا كانت التربة ناعمة فإنه يسلك في إحتراقه للتربة حركة إلتفاف ودوران مثل مثقاب الفلين ويتتج تشابك الجنود التي تملأ أرض الغابة نتيجة أمرين هما حركة مثقاب الفلين وإستطالة الخلايا وقد نلاحظ أن جنود بعض النباتات قد شقت سطح طريق من الإسفلت ويفسر ذلك بقوة التشرب فالمادة القادرة على إمتصاص الماء إذا حجرت في حيز ضيق ثم أضيف إليها الماء فإنها تنتفخ وتتج عنها قوة كافية لأن تشق الحجر ويقال أن قدماء المصريين إستغلوا هذه الظاهرة في تقطيع أحجار الهرم بأن يضعوا في شقوق طبيعية أو يقومون هم بشقها جنود الشجر ويوالون إضافة الماء فتنتفخ الجنود وينفلق الحجر الكبير .

ويقول P. Farb أن قوة التشرب من الظواهر الطبيعية وكذا إنقسام الخلايا الحية وتكاثرها فإذا إجتمعت الظاهرتان وهو ما يحدث في جنود النباتات النامية نشأت من إجتماعها قوة توحزج الجبال أو تجعل الجنود ينمو بسهولة خلال طريق إسفلتي أسود السطح وقد أحرقت إحدى التجارب النباتية على نبات قرع نام لإختبار القوة الناشئة عن تمدد الخلايا فأحيطت القرعة وهى ما زالت متصلة بالنبات الأصلي بصندوق أحكم القفل عليها وأُنقل غطاؤه بصنجات ليبقى مقللاً فأزاحت القرعة الصغيرة ما وزنه ستون رطلا من الصنجات أول الأمر ثم بعد مضى شهرين لم يكف ٢,٥ طن من الأثقال لإيقاف قوة نموها .

الباب الثالث



◇ العناصر الضرورية لتغذية النبات

- الأكسجين - الكربون - الهيدروجين -
- النيتروجين - الفوسفور - البوتاسيوم -
- الكالسيوم - المغنسيوم - الكبريت

◇ كيفية إمتصاص النباتات للعناصر

المغذية من الأرض

كيف تتغذى النباتات ؟

ظل علماء النبات يحاولون خلال القرن السابع عشر حتى القرن التاسع عشر أن يعرفوا كيف يتغذى النبات على أمل أن يتمكنوا من زيادة هذا الغذاء فيزداد إنتاج الطعام والكساء .

تطورت الآراء التي تفسر تغذية النبات فقد بدأت بأن النبات يتغذى بالماء والدليل على ذلك توقف النمو وموت النبات ما لم يضاف إليه الماء أو تسقط عليه الأمطار .

وحدث تطور آخر نتيجة ما لوحظ أن النباتات النامية في مساحات سبق أن رعت فيها الحيوانات أو أضيف إليها فضلاتها تكون ذات نمو أكبر وإنتاج أعلى من غيرها . فنشأت النظرية العضوية في تغذية النبات أي أن النبات يتغذى على المواد العضوية مثل السماد العضوي وغيره .

ويشير إبن العوام إلى التسميد وكانت الأسمدة في عصره جميعها من فضلات الطيور والحيوان فيقول :

" قال نسطوروس أنني أجريت في الزبل شيئاً لم يذكره النبط (أو الأنباط وهم أعراب شرق سيناء وشمال شبه الجزيرة العربية وجنوبي الأردن) ولا غيرهم وذلك أنني أخذت من هذه الزبول (جمع زبل وهي فضلات الطيور والحيوانات) وأحرقتها بالنار حتى صارت أرملة (جمع رمد) واستعملتها فوجدتها في غاية الجودة والصحة للشجر والخضر"

ويضيف إين العوام قوله " يشبه أن يكون رماد الحمامات التى تحرق فيها الزبول بهذه الصفة " ويخصص إين العوام فى كتابه عن التسميد باباً خاصاً عن التسميد فيعرف "الزبول " وأنواعها وتحضيرها ومنافعها لكل نوع من أنواع الأرض ولكل نوع من المغروسات والمزروعات .

ورث المفكرون والباحثون الغربيون فى القرن السادس عشر كثيراً من أفكار الذين سبقوهم فى تفسير تغذية النبات وقد ساد فى هذا العصر الرأي القائل بأن النبات يتغذى على الماء والمواد العضوية (الدبال) وأنه يمتص منها الأملاح . ويعتبر فرانسيس باكون Francis Bacon من أشهر مفكرى هذا العصر (١٥١٦-١٦١٤) وقد اعتنق هذا الرأي واعتقد أن الأرض تقي النبات من الحر والبرد وتساعد على غرس جذوره فيها فتحفظه من الرقاد . وأضاف أن كل نبات يستخلص من الأرض مادة خاصة تغذيه ولذا فزراعة نبات معين مرات متوالية فى نفس الأرض يفقرها فى هذه المادة وأججه Jan Baptiste van Helmont (١٥٧٧-١٦٤٤) إيجهاً تجريبياً فغرس فسيلة من نبات تزن ٥ أرطال فى ٢٠٠ رطل من الأرض الجافة وروى هذه الفسيلة بماء المطر لمدة أكثر من ٥ سنوات وفى نهاية المدة كان وزن النبات ١٦٩ رطلاً و٣ أوقيات وفقدت الأرض حوالي أوقيتين من وزنها الجاف وأستنتج هلمونت من ذلك أن النبات قد أستمد من الماء ١٦٩ رطلاً من وزنه ولكنه لم يشر إلى النقص الطفيف فى وزن الأرض الجاف واعتبره خطأً تجريبياً.

وأججه روبرت بويل Robert Boyle (١٦٢٧-١٦٩١) نفس الانجهاه وأكد نفس الاستنتاج غير أنه قام بتحليل النبات تحليلاً كيميائياً وأوضح

أنه يحتوى أملاحا وكحولات وزيت وتراب وأنها جميعا مستمدة من الماء .

لاحظ جلوير Gloper (١٦٠٤-١٦٦٨) أن ملح نترات البوتاسيوم يزيد نمو النبات زيادة كبيرة وأعتقد أن خصوبة وقيمة السماد البلدى ترجع كلية إلى نترات البوتاسيوم وزاد جون ماير John Mayer (١٦٤٣-١٦٦٨) أن النترات تزيد فى الأرض فى فصل الربيع وتقل فى فصل الصيف وهو موسم النمو وأستنتج من ذلك أن النبات قد أمتصها فى نموه .

كانت ملاحظة وودوارد Woodward (١٦٩٩) أول معارضة صريحة لإستنتاجات فان هلمونت فقد نمت النباتات فى ماء مقطر وماء النهر ومستخلص الأرض فلاحظ أن النبات النامي فى مستخلص الأرض أفضل من الذي نما فى ماء النهر وهذا أفضل من الذي نما فى الماء المقطر فأستنتج أن الأرض وليس الماء هى التى تكون جسم النبات، وتحول الإتجاه إلى دور المادة العضوية فى تغذية النبات وأجريت عدة تجارب إستعملت فيها مصادر كربونية مثل الفحم والزيوت المعدنية وفضلات الطيور وغيرها.

وفى مطلع القرن التاسع عشر تم التحول عن الرأي القائل أن الماء هو مصدر غذاء النبات فقد نشر نيقولا دي سوسير Nicolas T. dsausure رأيه القائل أن رماد النبات مأخوذ من الأرض وأوضح أنه إذا نمت بذرة

فى الماء فقط فإن الرماد لا يزيد عما فى البذرة أصلاً إلا بقدر ما يسقط عليها من تراب وأن عناصر هذا الرماد أساسية فى تغذية النبات وأن النبات يستمد من الأرض النتروجين والعناصر المعدنية ويمتص الأوكسجين من الجو ويخرج ثانى أوكسيد الكربون كعملية مشابهة لعملية التنفس وأنه يمتص ثانى أوكسيد الكربون ليستعمله فى بناء جسمه .

العناصر الضرورية لتغذية النبات

لا يوجد فارق كبير بين البروتوبلازم فى الخلية النباتية والخلية الحيوانية ولكن الحيوانات تعتمد فى غذائها على حيوانات أخرى أو على نباتات حتى تستطيع أن تواصل حياتها . فالحيوانات تعتمد عموماً فى نهاية الأمر على المملكة النباتية اعتماداً كاملاً ، ولكن بروتوبلازم الخلية النباتية يستطيع أن يعيش مستقلاً عن أى مصدر حي آخر . أى أنه لا يستمد غذاءه من بروتوبلازم نباتي أو حيواني آخر ، فكل ما تحتاج إليه النباتات الخضراء هو مصدر من الماء وثاني أوكسيد الكربون وبعض العناصر المعدنية فتعيش - فى الضوء - مستقلة تماماً .

وأوضح ذلك أن (المواد الأولية) التى يستعملها النبات فى صناعة أنسجته تلعب دوراً حيوياً سواء فى حياة النبات أو حياة الأحياء جميعاً وأصبحت دراسة هذه (المواد الأولية) وكيف تؤدي دورها الخطير ذا الأهمية الكبرى لكل من يعملون فى الإنتاج النباتي .

وإذا أخذنا من الذرة مثلاً لما تحتاجه النباتات فى نموها من العناصر

الغذائية فإننا نجد أن محصول فدان واحد من الذرة الناجح الذي يعطى حوالي ٢٠ أردباً من حبوب الذرة قد أنتج الآتي :

٢٠٠٠ كجم من الأحطاب	٧٠٠ كجم من (القوالج)
٢٨٠٠ كجم من حبوب الذرة	٢٥٠٠ كجم من الجلود

وأستعمل فى إنتاج هذه المواد للمقادير الآتية :

١- الماء حوالي ٢٥٠٠ م ^٣	٢- الأوكسجين حوالي ٣٠٠٠ كجم
٣- الكربون ٢٥٠٠ كجم	٤- النتروجين ٦٠ كجم
٥- البوتاسيوم ٥٠ كجم	٦- الكالسيوم ١٧ كجم
٧- المغنسيوم ١٥ كجم	٨- الفوسفور ١٠ كجم
٩- الكبريت ١٠ كجم	١٠- الحديد ١ كجم
١١- المنجنيز ٠,١٥ كجم	

يضاف إليها مقادير صغيرة من البورون والكلورين والزنك والنحاس والمولبدنوم .

والبناء الضوئي أي الكربون والهيدروجين والأوكسجين مع النتروجين والفوسفور فحيدر الخلايا التي يتكون منها هيكل النبات تتكون أساسياً من الكربون ويتكون البروتين أساسياً من الكربون والهيدروجين والأوكسجين والنتروجين والفوسفور .

وقد أوضح ليبج Liebig ومن تبعوه أهمية عدد من العناصر فى تغذية

النبات وقد أتضح من كثير من الدراسات التي بنيت على التجربة العلمية أن النباتات تتمص العناصر المعدنية الموجودة فى منطقة الجذور دون تمييز الضروري منها أو غير الضروري ، فوجود عنصر ما فى أنسجة النبات لا يتخذ برهاناً على أن هذا العنصر ضروري لحياة النبات ، وأوضح مثل لذلك السليكون والألومنيوم .

وأوضح أرنون Amon وجوب توفر النقط الثلاثة الآتية حتى يمكن إعتبار أن عنصراً ما حيوي للنبات المختبر :

١- أن غياب العنصر يجعل إستكمال النبات لطورته الخضري أو الثمري متعزراً .

٢- أن مظاهر نقص هذا العنصر المختبر يمكن منعها من الظهور أصلاً أو علاجها بعد النبات بهذا العنصر وليس بعامل آخر .

٣- أن العنصر ذو دور مباشر فى تغذية النبات وليس عن طريق غير مباشر مثل تأثيره على الأحياء الدقيقة أو الظروف الكيميائية بالأرض أو بالوسط الذي ينمو فيه النبات .

ونوجز فيما يلي الدور الذي يؤديه كل عنصر من العناصر الضرورية للنبات .

الأوكسجين

يكفى أن نشير إلى عملية التنفس وما يرتبط بها من أكسدة وإختزال لنعرف الدور الحيوي للأوكسجين فى النبات ، كما أنه يتحد مع الكثير

من العناصر الأخرى لتتكون للواد العضوية والأكاسيد ، والواقع أنه يندر
أن تذكر أن الأوكسجين يكون حوالي ٥٠٪ من المادة الجافة التي ينتجها
النبات .

الكربون

تبنى النباتات أجسامها بإستعمال ثاني أوكسيد الكربون الجوى
بعملية البناء الضوئي ويحتوى الهواء على حوالي ٠,٠٣٪ ثاني أوكسيد
الكربون ولذلك يجب أن يستعمل النبات كميات كبيرة من الهواء حتى
يحصل على حاجته من ثاني أوكسيد الكربون فى الهواء المحيط بالنبات
(وقد بذلت محاولات لزيادة نسبة ثاني أوكسيد الكربون فى حقول الذرة
بإستعمال مكعبات من ثاني أوكسيد الكربون المغمدة) .

وفى دراستنا لأثر زيادة ثاني أوكسيد الكربون فى الهواء الجوى
المحيط بالنبات (نحوى شحاته وآخرون ١٩٧٨) إستعملت غرف للتنمية
تسمح بزيادة معروفة فى ك_٢ مع إضاءة معروفة والقوة وتنمية نباتات
الذرة وفول الصويا وأوضحت الدراسة ما يلي :

- ١- لم يتأثر نمو الذرة بزيادة تركيزات ك_٢ فى الهواء الجوى فى حالة
عدم التسميد بالنتروجين ، بينما كان لهذه الزيادة أثر على نمو نباتات
فول الصويا فى حالة عدم تسميده بالنتروجين وواضح أن ذلك يرجع
لقدره فول الصويا على تثبيت النتروجين من الهواء الجوى .
- ٢- بإضافة النتروجين وضح أثر زيادة تركيز ك_٢ على الذرة .

- ٣- زاد محتوى نباتات فول الصويا من النروجين بزيادة ك_٢ حتى فى حالة عدم إضافة سماد نروجيني مما يشير إلى زيادة قدرة فول الصويا على تثبيت النروجين الجوى نتيجة لزيادة تركيز ك_٢ .
- ٤- كانت زيادة النمو فى حالة ١٥٠٠ جزء/مليون ك_٢ أفضل منها فى حالة ١٠٠٠ جزء/مليون وقد يكون أحد أسباب ذلك عدم كفاية مستوى الإضاءة .

أثر زيادة ك_٢ فى هواء غرف التسمية على نمو اللثة وفول الصويا

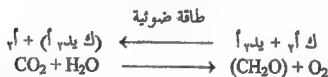
غير معامل	٥٠٠٠ جزء/مليون ك _٢	١٠٠٠ جزء/مليون ك _٢	١٥٠٠ جزء/مليون ك _٢	
٥,١٢٤	٦,٧٧١	٧,٠٨٩	٧,٢٦٢	وزن نبات اللثة (جم)
٩٤	١١٠	١٢٤	١١٨	طول نبات اللثة (سم)
١,٤١٠	٢,١٨٢	٣,٠٠٠	٢,١١٦	وزن نبات فول الصويا
٥٤	٦٠	٨٠	٦٨	طول نبات فول الصويا
١,١	١,٣	١,٧	١,٦	ن (%) فى أوراق فول الصويا
٧,٦١	١٣,٩٠	٢٥,٥٨	١٦,١٥	مقدار النروجين (بجم)

الهيدروجين

يأخذ النبات الهيدروجين فى صورة ماء ، ودور الماء فى حياة النبات معروف وكذا يدخل الهيدروجين فى تركيب كثير من مركبات النبات مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات .

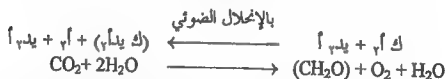
تتشارك العناصر الثلاثة - الأوكسجين والكربون والهيدروجين - فى

عملية البناء الضوئي فعندما تمتص الخلايا الخضراء Chloroplasts الأشعة الضوئية يختزل ثاني أكسيد الكربون إلى سكر وغاز الأوكسجين الذى يساوى فى الحجم مقدار ثاني أكسيد الكربون المختزل وهذه العملية عكس عملية التنفس التى تتأكسد فيها المواد العضوية - الكربوهيدرات - إلى ثاني أكسيد الكربون وماء طبقاً للمعادلة :



حيث (CH₂O) تمثل وحدة الكربوهيدرات و ٦ وحدات منها تعطى سكر الجلوكوز (ك ٦ يد) . (C₆ H₁₂ O₆)

غير أننا ننبه إلى أن هذه المعادلة قد تعطى القارئ فكرة أن مصدر الأوكسجين فى هذا التفاعل هو ك أ ولكن إستخدام الأوكسجين ١٨ قد أوضح أن مصدره هو الماء فتأثير الضوء يحلل جزئ الماء ولكن لما كان جزئ الماء يحتوى ذرة أوكسجين واحدة والمعادلة تشير إلى إنتاج ذرتين منه فمن الضروري أن يبدأ التفاعل بجزيئين من الماء ، وللحصول على معادلة متوازنة تمثل التفاعل يضاف جزئ ماء إلى طرفي المعادلة :



فجزئ الأوكسجين ينتج من الإنحلال الضوئي لجزيئي الماء ، ويستخدم الهيدروجين الناتج منهما فى إختزال ك أ إلى (ك يد) وفى تكوين جزئ جديد من الماء .

النتروجين

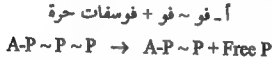
تمتص جذور النبات النتروجين فى صورتين أساسيتين هما النترات والأمونيوم ، (قد تمتص الجذور بعض الصور الأخرى وتتحول هذه إلى أحماض أمينية مختلفة بعد إختزال النترات إلى أمونيوم ثم بروتينات) ويحتاج النبات إلى كميات كبيرة نسبياً من النتروجين ولذلك فإن نقصه كثير الشروع كما أنه من العناصر التى تضاف إلى الأرض فى صورة أسمدة بكميات كبيرة .

الفوسفور

يوجد الفوسفور كأحد مكونات الأحماض النووية وكجزء من الدهون والفوسفوليبيد Phospholipids التى يعتقد أنها تلعب دوراً هاماً فى بناء الغشاء الخلوي ولذا فنقص الفوسفور يعتبر شديد الضرر بالخلية إذ يمنع تكون النواة والسيتوبلازم والأغشية الحديثة حول سطح الخلية .

وللفوسفور دور خاص فى خطوات تحول الجهد فى الخلية Energy Transfer Steps لأن المركبات مثل أدينوزين ثلاثي الفوسفات Adenosine Triphosphate المكونة من ثلاثة فوسفات مرتبطة فى حلقات معقدة يعتقد أن الإثنين الأخيرين منها يختلفان عن المجموعة الفوسفاتية الأولى لأن الإنحلال المائي Hydrolysis للرابطتين الأخيرتين يعطى قدراً من الجهد أكبر مما يعطيه إنحلال الرابطة الأولى ولذا يطلق على الرابطين الأخيرتين (الرابطة الفوسفاتية الغنية بالجهد) "Energy-rich Phosphate Bond" ويرمز لها عادة بالعلامة (~ فو) حتى يمكن تعريفها

من الروابط العادية التي يرمز لها عادة بالعلامة (-) فوق وعلى ذلك فالمركب أ^٣فو ATP يكتب أ-فو ~ فو ~ فو A-P~P~P وكسر هذا الجزيء عند الرابطة الأخيرة يعطى فوسفات حرة :



يطلق قدرأ كبيرأ نسبياً من الجهد الذي يمكن إستعماله فى إتمام مختلف التفاعلات التى تحتاج إلى جهد مثل إتحاد حامضين أمينيين ليكونا بيتايد ثنائى Dipeptide والنتاج بعد عملية الهدم هو جزئ أ^٣فو Adenosine Diphosphate (ADP) يمكن أن يتحول إلى أدينوزين ثلاثى الفوسفات مرة أخرى بإستعمال الجهد أى :



يمتص النبات الفوسفور على صورة ارثوفوسفات أحادية أى يد^٣فو أ^٣ وكذا بكميات أقل من الأارثوفوسفات الثنائية يد^٣فو أ^٣ .

ويعتقد أن البريوسفات والميتافوسفات أيضا يمكن امتصاصهما وقد أصبح للميتافوسفات أهمية من الناحية التجارية بعد إنتاج أسمدة منها، وهناك رأى أن الميتافوسفات يجب أن تنحل مائياً Hydrolysis إلى أرثوفوسفات أحادية قبل امتصاصها .

البوتاسيوم

يمتص النبات كميات كبيرة من البوتاسيوم وبينما يدخل الفوسفور والنتروجين فى تركيب مواد معينة فى جسم النبات فإن دور البوتاسيوم

غير واضح كل الوضوح فهو يوجد فى أنسجة النبات على صورة أملاح ذائبة .

وقد أوضحت بعض الدراسات أن البوتاسيوم ضروري كعامل مساعد لثفاعلات أنزيم التنفس (Miller and Evans, 1957)
Respiratory enzyme وفى تكوين روابط الببتيدات Peptide bonds
عند بناء البروتين. (Webster, 1955) وميتابوليزم النتروجين
(Bakeman and Mulder, 1956) وتحسين تحرك الكربوهيدرات
(Spraeen, 1954).

ويذكر إيفانس وكورفالييس (1971) Evans and Corvallis أن
العناصر الأحادية - البوتاسيوم ، الروبيديوم ، السيزيوم ، الأمونيوم ،
الصوديوم والليثيوم - لازمة لتنشيط نحو ٦٠ إنزماً فى النباتات وتقوم هذه
الإنزيمات بالمساعدة Catalyses فى تكوين البروتين والنشا وغيرهما
ويريان أن البوتاسيوم هو أهم هذه الكاتيونات جميعا سواء بالنسبة إلى
التركيز الذي يوجد به فى النباتات أو بالنسبة إلى ما يحدثه من تنشيط
فعند تركيز ٢٠ ملليجزيء من هذه الكاتيونات تتكون المقادير الآتية من
مركب ADP بالملليجزيء (١,٥ فى حالة البوتاسيوم ، ١,٠ فى حالة
الروبيديوم ، ٠,٩ فى حالة السيزيوم ، ٠,٧ فى حالة الأمونيوم ، ٠,٣
فى حالة الصوديوم و صفر فى حالة الليثيوم)، ويوضحان دور البوتاسيوم
وعلاقة هذا الدور بالنتروجين بأن النتروجين أحد مكونات البروتينات
والبوتاسيوم ضروري لتنشيط مجموعة كبيرة من الأنزيمات خصوصا تلك

التي تعمل على تجميع المركبات ذات الوزن الجزيئي الصغير لتكوين مركبات ذات أوزان جزيئية كبيرة مثل النشا والبروتين وتحدث هذه العملية في أجزاء الخلية بمقدار كافٍ من البوتاسيوم حتى لا تتلف مراكز الإنتاج بالخلايا .

وتحتوي أنسجة النباتات الصغيرة النامية على مقادير من البوتاسيوم أعلى مما تحتويه الأنسجة الأكبر سناً ويتحرك البوتاسيوم في أنسجة النبات فينتقل من الأنسجة الكبيرة إلى الأنسجة الصغيرة .

ورغم أن كثيراً من الباحثين قد أوضحوا ضرورة البوتاسيوم لنمو النبات فقد أوضحت بعض الدراسات إمكانية استبداله بالصوديوم في زراعات مائية بنسبة تصل إلى ٨٠٪ بالنسبة لنبات بنجر السكر بينما لا يمكن استبداله إطلاقاً بالنسبة إلى البطاطس ويذكر Ulrich and Ohki أن النباتات التي نمت في ظروف توفر لها حاجتها من البوتاسيوم كانت أفضل من تلك التي أستبدل جزء كبير من حاجتها من البوتاسيوم بالصوديوم ولا زال موضوع مدى إحتياج النبات للصوديوم وعلاقة البوتاسيوم مع الصوديوم بالنسبة لنمو النبات في حاجة إلى مزيد من البحث .

وأول ما تظفر أعراض نقص البوتاسيوم في النبات تكون في الأجزاء التي تم نضجها حديثاً وليس على الأجزاء الصغيرة النامية وتقدم نمو النبات تظهر أعراض نقص البوتاسيوم على الأجزاء التي تنضج ويرجع

ذلك إلى ما أشرنا إليه سابقاً من قدرة البوتاسيوم على الحركة منها إلى الأنسجة النامية فإذا لم يوجد بكميات كافية فإنه ينتقل من الأجزاء الناضجة إلى الأنسجة النامية ليوفر بعض إحتياجاتها وفى حالة شدة نقص البوتاسيوم فإن النبات كله قد تظهر عليه أعراض هذا النقص .

الكالسيوم

تمتص النباتات الكالسيوم على الصورة الأيونية وهو ضروري لجميع النباتات العليا ويوجد فى الأوراق على صورة بكتات (أملاح حامض Pectic) وكذلك متحداً مع الأحماض العضوية الأخرى ويزسب فى جدر كثير من الخلايا على صورة أوكسالات ويبدو أن الكالسيوم ذو علاقة وثيقة مع الخلايا المرستيمية وتكون الأزهار .

وعلى عكس البوتاسيوم الذي يتميز بتحريكه فى النبات فإن الكالسيوم عنصر مقيد Immobile ولا ينتقل من الأجزاء الناضجة إلى الأجزاء النامية عند نقصه ويؤدى ذلك إلى أن أعراض نقصه تبدو أولاً فى الأنسجة النامية الصغيرة .

المغنيسيوم

تمتص النباتات المغنيسيوم كأغلب الكاتيونات على الصورة الأيونية ويدخل المغنيسيوم فى تركيب جزئ الكلوروفيل فبغيره لا تستطيع النباتات الخضراء أن تقوم بعملية التمثيل الضوئي .

ويوجد المغنيسيوم أيضاً في البذور ويدل أنه مرتبط مع ميثابوليزم (أيض) الفوسفور ويعتبر حيوياً لتنشيط عدد من الأنزيمات .
والمغنيسيوم سهل الحركة في النبات وينتقل من الأجزاء الناضجة إلى الأجزاء النامية فيه عندما يكون مقداره غير كافٍ لإحتياجات النبات ولذلك فإن أعراض نقصه يبدو ظهورها على الأوراق السفلي .

الكبريت

عرف الباحثون ضرورة الكبريت للنبات منذ أكثر من ١٠٠ سنة وعرفوا أيضاً أن النبات يمتصه من الأرض على صورة كبريتات ، كما تستطيع أوراق النبات إمتصاص ثاني أكسيد الكبريت من الجو ويتحول بمجرد إمتصاصه إلى كبريت ولوحظ أن إحتياجات النبات من الكبريت تقارب إحتياجاته من الفوسفور على وجه عام ولو أن ذلك يختلف من نبات إلى آخر .

وتتحول نسبة كبيرة من الكبريتات الممتصة إلى يدب كب ولو أن ذلك لا يمنع أن تحتفظ بعض أنسجة الخلايا وعصارتها بالكبريت في صورة كبريتات دون ضرر ويوجد الكبريت في صورته المختلفة في مركبات مثل السستين Cystine والميثيونين Methionine والثيامين Thiamin وغيرها. وتوجد بعض الدراسات تشير إلى دور خاص لمركبات الكبريتيد Sulfide في عملية تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كيميائية .

والكبريت عنصر متحرك في النبات فيمكن أن يتحرك من الأجزاء التي بها كميات كبيرة منه إلى الأجزاء النامية التي تحتاج إليه عندما يقل المقدار الممتص من الأرض منه .

العناصر الدقيقة

فى دراسات تغذية النبات تأخر التعرف على دور العناصر الدقيقة فى حياة النبات لوجود أغلب هذه العناصر على صورة شوائب فى أملاح العناصر الأساسية أو فى الزجاج وعندما أمكن الحصول على أملاح العناصر الأساسية فى صورة نقية إتضح الحاجة إلى العناصر الدقيقة وعرفت واحداً بعد الآخر ولو أن الحديد قد عرفت أهميته للنبات منذ وقت طويل بواسطة Grisla فى سنة ١٨٤٤ ثم عرف دور المنجنيز والبورون والزنك والنحاس والمولبدنوم بين عامى ١٩٢٢ ، ١٩٢٩ ثم كان إكتشاف ضرورة الكلورين للنبات فى سنة ١٩٥٤ بواسطة بوكير وكارلتون وستاوت Booker, Carlton and Stout .

ويذكر (1969) Brownell and Wood Sauchli أن الصوديوم ضروري للألجي الزرقاء المحضرة ونبات الأتريلكس ووظيفته فى النبات شديدة الارتباط بالكلورين .

وتحتاج النباتات إلى كميات ضئيلة من المنجنيز والزنك والنحاس والبورون والمولبدنوم والكلورين ووظائف هذه العناصر فى النباتات ذات صلة وثيقة بالأنزيمات ونشاطها وعدم توفر الكميات الضئيلة الضرورية منها يعطل كثيراً من العمليات الحيوية فى النبات .

ولم يثبت بعد ضرورة عنصرى الكوبالت والفاناديوم للنباتات ولو أن بعض الباحثين يعتقدون أن للعنصرين دوراً حيوياً فى النبات يستلزم وجود كميات ضئيلة منهما فى بيئة النمو فى صورة قابلة للإمتصاص .

ولبعض النباتات إحتياجات خاصة من بعض العناصر مثل حاجة الدياتومات إلى السليكون لبناء جدرها الخلوية ولكن مثل هذه الإحتياجات ليست عامة بالنسبة لجميع النباتات كما لوحظ أن غياب السليكون يزيد إحتمال تعرض نباتات القمح إلى الإصابات الفطرية غير أن هذه العناصر لا تعتبر حتى الآن من العناصر الضرورية للنبات .

ونود أن نوجه النظر إلى أن التحليل الكيميائي لأنسجة النباتات قد يوضح وجود عدد من العناصر التي لا تعتبر ضرورية لنمو النبات وإستكمال دورة حياته ويجب ألا يفهم من وجود هذه العناصر بأنسجة النبات أنها ضرورية له إنما النبات يمتصها ضمن العناصر المختلفة التي يمتصها فآلية إمتصاص الكاتيونات مثلاً متشابهة ، وبالتالي فالكاتيونات الضرورية مثل البوتاسيوم والأمونيوم والكلسيوم والمغنيسيوم يمكن أن يمتص معها الصوديوم رغم أنه لا يعتبر عنصراً لازماً للنبات* . والمقدار الممتص من كل كاتيون من هذه الكاتيونات بما فيها الصوديوم يحدده الصورة الكيميائية التي يوجد بها في الأرض والتركيز النسبي للصورة الميسورة من كل من هذه العناصر في بيئة النمو فضلاً عن خواص العنصر نفسه (أحادى التكافؤ أو ثنائية مثلاً) بالإضافة إلى خواص بيئة النمو نفسها (سياتي بيان العوامل التي تؤثر على الإمتصاص في موقع آخر) .

وكذلك الحال بالنسبة للأنيونات فقد يوجد بأنسجة النبات أنيونات يدخل في تركيبها عناصر لا تعتبر ضرورية للنبات ولكنها تمتص مع باقي الأنيونات نتيجة لآلية إمتصاص هذه الأنيونات .

* يرى بعض الباحثين أن الصوديوم يمكن أن يعوض - جزئياً - نقص البوتاسيوم بالنسبة لبعض النباتات .

وتجدر الإشارة إلى أن النبات يمتص العناصر المختلفة نتيجة لآليات Mechanisms أو ظروف تعتمد على الخصائص الفيزيائية الكيميائية Physicochemical والفسولوجية وقد يؤدي ذلك إلى إمتصاص عناصر ضارة أو سامة بالنبات أو زيادة إمتصاص عناصر ضرورية بدرجة تؤدي إلى حدوث أضرار بالنبات مثل إمتصاص الصوديوم فى الأراضي المتأثرة بالأملاح أو إمتصاص البورون عندما يزيد تركيزه فى ماء الري أو بيئة النمو .

دور التغذية فى مقاومة النباتات للأمراض

- مد النبات بجميع احتياجاته من العناصر المغذية يزيد إنتاجه وبذا يمكن تجنب الأضرار بسرعة .
- نقص النتروجين يعنى غالباً التعرض لهجمات الطفيليات .
- زيادة النتروجين تجعل أنسجة النبات رخوة إسفنجية وتزيد تعرضه للإصابة بالفيروسات والبكتريا والفطر عن طريق عمليات كيميائية حيوية داخل النبات .
- نقص الفوسفات يزيد تعرض النبات للإصابة بالفطريات الضارة وقد يرجع ذلك إلى عدم ملائمة نسبة النتروجين / الفوسفور .
- نقص البوتاسيوم يخفف إنتاج النشا مما يجعل جدر الخلايا أكثر رقة وضعفاً وشعيرات الأوراق ضعيفة ويتشج عن ذلك سهولة دخول الطفيليات وقد لا يكتمل تكون النشا فيزداد تكون السكر كمركب متوسط مما يشجع الإصابة بالبن وما قد يسببه من العدوى بالفيروس .

- يسبب نقص الكالسيوم ضعف عوامل القوة بالنبات مما ييسر دخول هيفات الفطريات على سبيل المثال .
- يؤدي نقص السليكون إلى رقاد النبات Lodging لضعف سوقه كما يبدو أن حامض السليسيك يزيد المقاومة ضد الأمراض الفطرية .

ولا يعرف الكثير حتى الآن عن امتصاص النباتات للمضادات الحيوية لتزيد مقاومتها للأمراض البكتيرية ولو أن من الممكن أن امتصاص هذه المضادات الناتجة في التربة قد يلعب دوراً هاماً لحماية النبات من هذه الأمراض ، فالتسميد الذي يساعد على بث الحياة في التربة قد يعنى أيضاً زيادة إنتاج للمضادات الحيوية فيها .

وتبدو العلاقة بين التغذية ومقاومة النبات للأمراض واضحة في حقول تعاني نباتاته نقص التغذية إذ كثيراً ما تكون هذه النباتات عرضة للإصابة بالطفيليات المختلفة .

إمتصاص النبات للعناصر المغذية

تقدمت دراسات تغذية النبات في السنوات الأخيرة تقدماً كبيراً فمنذ أُنْضَح لباحثي القرن التاسع عشر أن النبات يمتص العناصر في صورها المعدنية توالى الدراسات لكشف العناصر الضرورية لتغذية النبات والصور التي يستطيع النبات إمتصاصها من هذه العناصر وطرق النبات في الامتصاص والظروف التي تلائم عملية الإمتصاص والتي لا تلائمها .

ونمو النبات محصلة لعوامل شديدة التعقيد ولذلك فقد قابل الباحثون

صعوبات مختلفة عند دراستهم لتغذية النبات وبعد أن عرفوا أن النبات يمتص العناصر فى صورة أيونية عملوا إلى تنميته فى محاليل العناصر المغذية تبسيطاً للعوامل التى تؤثر على امتصاص هذه العناصر عند تنمية النبات فى الأرض وتدرجوا بعد ذلك إلى تنمية النباتات فى معلقات من الطين والماء مع العناصر المغذية وكذا تنميته فى غرويات نقيية مثل أنواع معينة من الطين أو الراتنجات Resins ، كما إستعملوا فى هذه الدراسات جذور النباتات وحدها Excised Roots والنباتات الكاملة Intact Plants .

وعند إستعمال المحاليل المغذية لتنمية النباتات أتضح أنه يجب توافر الشروط الآتية فيها :

١- أن تحضر هذه المحاليل بحيث تحتوى تركيزات من العناصر تتناسب تقريبا مع معدلات امتصاص النبات لها حتى لا ينفذ أحدها من المحلول قبل بقية العناصر .

٢- أن تكون متوازنة Balanced أى يمتص النبات منها تقريبا مقادير من الكاتيونات مساوية لما يمتصه من الأنيونات حتى تتفادى تحول المحلول إلى الحموضة الزائدة إذا إمتص النبات مقدارا من الكاتيونات أكبر من الأنيونات وهو ما يعبر عنه " بالحموضة الفسيولوجية " Physiological Acidity ، أو تحوله إلى القلوية بزيادة امتصاص الأنيونات عن الكاتيونات Physiological Alkalinity .

٣- يرى بعض الباحثين أن يتوافق تركيب المحلول المغذى مع نوع النبات الذى ينمو فيه غير أن النبات له القدرة على إمتصاص حاجته من

مختلف العناصر وعلى سبيل المثال فان بادرات الرسم تحتوي حوالى ٢,٠ حجم من الفوسفور بينما بادرات القول النامية فى نفس التربة وتحت نفس الظروف إحتوت ١٤,٦ حجم من الفوسفور .

وينمو الكثير من أنواع النباتات فى محاليل أطلق عليها " قياسية " أى تصلح لعدد من النباتات ، وعند تنمية نباتات فى المحاليل يقتضى أن يكون تركيز الأملاح بالمحلول ١٪ و ٢٪ (وقد يرتفع إلى ٥٪ لظروف خاصة) وهذا التركيز يعادل ضغطاً أسموزياً نحو ٠,٥ - ١,٥ جو ، ونورد فى الجدولين الآتيين تحضير وتركيب محاليل مغذية شائعة الإستخدام.

١ - تحضير بعض المحاليل المغذية وتركيبها الكيميائي

K NO ₃	نترات بوتاسيوم	٤٦٠	٤٢٦	٥٠٠
Ca (NO ₃) ₂ .4H ₂ O	نترات كلسيوم	-	٨٦٨	١١٨
K H ₂ PO ₄	فوسفات أحادية البوتاسيوم	١٠٥	٢٤٨	١٣٦
NH ₄ NO ₃	نترات أمونيوم	٧٥	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	كبريتات أمونيوم	-	١٠	-
Mg 50.7H ₂ O	كبريتات مغنيسيوم	٢١٦	٣٧٨	٤٩٣
Mg (NO ₃) ₂ .6H ₂ O	نترات مغنيسيوم	٢٥	-	-
Ca CO ₃	كربونات كلسيوم	٨٥	٠	٠
Fe-cetrate/fe-EDTA	سكوات حديد (٢٠٪ ح)	-	-	٥
Fe SO ₄ .7H ₂ O	كبريتات حديدوز	١٥	٢٠	٠
Mn SO ₄ .4H ₂ O	كبريتات المنجنيز	٢	٥	٢
Zn SO ₄ .7H ₂ O	كبريتات الزنك	٠,٨	١,٠٤	٠,٢
Cu SO ₄ .0H ₂ O	كبريتات النحاس	٠,٦	١,٠٤	٠,٠٨
Na B ₄ O ₇ .10H ₂ O	بوراكس	١,٧	١٠,٠	٢,٠
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	موليدات الأمونيوم	-	-	٠,١

المحلول - يستخدم ماء مقطر ماء الحنفية - حجم من الملح المحتوى على العنصر/لتر

ب - التركيب الكيميائي (نسب العناصر المغذية بالخلول)

Gerike Pennings sfield

مجم/لر (جزء/مليون)

رقم pH عند الابتداء	٥,٥	٥,٥	٤,٥
تركيز الملح %	١,٧	٢	٠,٩
N	٢١٢	١٩٢	٩٣
P	٢٤	٦٤	٣٢
S	٦٤	٥٠	٢٨
K	٢١٠	٢٤٨	٢٣٤
Ca	٣٤	١٧٨	٢٠٠
Mg	٢٤	٣٧	٤٨
Fe	٣	٤	(١)
Mn	٠,٥	١,٢	٠,٥
Zn	٠,٢	٠,١٠	٠,٠٥
Cu	٠,١٥	٠,٠١	٠,٠٢
B	٠,٢	١,٠	٠,٥
Mo	-	-	٠,٠١

- يضاف الحديد كل ٣ أيام

- إحتياجات النبات من الكلورين تأتي من شوائب الكيماويات ولذا لم تضاف .

إمتصاص النباتات للعناصر المغذية من الأرض

إستعملت طرق الدراسة السابق الإشارة لها سواء المحاليل المغذية أو المعلقات الغروية للتعرف إلى آليات Mechanisms النبات في إمتصاص العناصر الغذائية بواسطة جذوره حتى يمكن منها تفسير النتائج التي يتحصل عليها من دراسة النبات عند نموه في الأرض وفي دراستنا لخصوبة

الأرضي فإن إمتصاص النبات من النظام الأرضي هو الذي يهمننا بصفة مباشرة رغم أن بعض نواحي هذا الموضوع لا زالت موضوع خلاف بين كثير من الباحثين وفي الصفحات التالية عرض لبعض الدراسات فى هذا المجال الهام من دراسات الأرض والنبات .

يطلق تعبير " النظام الأرضي " على المواد الصلبة والسائلة والغازية التى توجد معاً فى الكتلة الأرضية وتوجد العناصر المغذية فى حالة ذائبة أى بالقسم Phase السائل من النظام الأرضي وفى حالة صلبة بالطور أو القسم الصلب بغض النظر عن أهمية الهواء الأرضي من الناحية الغذائية .

ويحتوى المحلول الأرضي العناصر المغذية فى صورة ذائبة وقد اعتبرت هذه العناصر الذائبة المصدر الذي يستطيع النبات الحصول منه على حاجته منها . وظل هذا الرأي سائلاً وقتاً غير قصير رغم أن بعض الباحثين الأوائل اعتترضوا عليه فقد أشار Liebig سنة ١٨٥٨ إلى " أن مقادير العناصر الذائبة أو التى يمكن إذابتها فى المحلول الأرضي لا يمكن أن تكفى حاجة النبات وأنه لابد من وجود طريقة أخرى ذات صلة بمحذور النبات تعمل على مده بحاجته من هذه العناصر " وبرزت بعد ذلك أهمية الجزء الصلب من العناصر المغذية ومساهمة فى مد النبات بحاجته منها وقسمت عملية حصول النبات على عنصر مغذى من الجزء الصلب إلى الخطوات الآتية :

١ - تحول العنصر من الطور الصلب إلى الطور السائل فى المحلول الأرضي.

- ٢- تحرك الأيون من أى نقطة فى المحلول الأرضي إلى جوار الجذر .
 - ٣- إنتقال الأيون من قرب الجذر إلى داخل الجذر .
 - ٤- إنتقال الأيون إلى أعلى النبات .
- ويتم تحول العنصر من الطور الصلب إلى الطور السائل فى النظام الأرضي بإحدى الطرق الآتية :

١- التبادل Exchange

- أ) ينبعث ثاني أكسيد الكربون من الجذور فيكون فى المحلول الأرضي حامض كربونيك .
- ب) ينتشر حامض الكربونيك فى المحلول ليصل إلى سطوح حبيبات الطين .
- ج) يحل أيون هيدروجين الحامض محل أيون البوتاسيوم مثلاً على سطح الطين وتتكون بيكربونات البوتاسيوم .
- د) ينتشر الملح الجديد - بيكربونات البوتاسيوم - من سطح الطين متجهاً إلى الجذر حيث يتبادل البوتاسيوم مع الهيدروجين على سطح الجذر أو يدخل الجذر على صورة زوج من الأيونات، ويطلق على هذه الآلية نظرية ثاني أكسيد الكربون .

٢- الإذابة Dissolution

وهى تمثل قدرة الجزء الصلب من النظام الأرضي على مد المحلول الأرضي بالعناصر المغذية ويذكر فريد وشابيرو fried and Shapiro أن معدل تحول العناصر من الصورة الصلبة إلى المحلول الأرضي ثابت ومميز لكل أرض .

والقدرة على إذابة الطور الصلب تزيد عموماً بارتفاع درجة الحرارة كما أن نسبة ثاني أكسيد الكربون فى الهواء الأرضي تزيد زيادة كبيرة على نسبته فى الهواء الجوى ، والحامض الناتج عن ذوبانه فى الماء الأرضي له قدرة على إذابة كثير من المواد الصلبة تزيد عن قدرة الماء وحده وتختلف آلية الإذابة فى هذه الحالة عن آلية التبادل المشار إليها فى الفقرة السابقة .

٣- التقييد Chelation

يرى هنتر Hunter وآخرون أن جذور النبات تفرز مركبات مقيدة تنتشر فى المحلول الأرضي حتى تصل إلى المركبات غير الذائبة المحيطة بالجذور فتربط مع العناصر وتعود مرة ثانية بالانتشار إلى جذور النبات .

سبق أن ذكرنا أن العناصر المغذية قد توجد فى المحلول الأرضي أو فى صورة صلبة مدمصة على سطوح حبيبات الأرض اللقيطة معدنية أو عضوية أو فى صورة رواسب وإذا كان قد إتضح من عدد من الدراسات العلاقة الوثيقة بين المحلول الأرضي وبين امتصاص النبات للعناصر فإن المحلول الأرضي نفسه شديد الارتباط سواء من ناحية العناصر التى يحتوئها أو تركيزها بالصورة الصلبة من الأرض ومن العنصر فأول العمليات التى تؤثر على الإمتصاص هي مدى تحول عنصر ما من الصورة الصلبة إلى الصورة السائلة ، ثم تحرك الأيون بعد تخلصه من الجزء الصلب فى المحلول الأرضي بواسطة الانتشار أو متقولاً مع الماء نحو سطح الجذر .

فالمقنار الذي يحتويه المحلول الأرضي من عنصر ما يتوقف على القدرة الإمدادية للجزء الصلب من الأرض لهذا العنصر فى المحلول وبنا إتجهت

الدراسات إلى تركيز العنصر فى المحلول وهو ما يعبر عنه فى بعض الدراسات Intensity أو عامل القوة والقلرة الامدادية Replenishment.

١- عامل القوة فى المحلول الأرضي The Intensity Factor

يصف هذا العامل " قوة " الأيون فى المحلول والتعبير عن قوة الأيون يمكن أن يكون بالتركيز أي بتقدير المقدار الكلى من هذا الأيون فى المحلول، ولكن بعد إدخال النشاط أو الفاعلية Activity فى دراسة قوة الأيونات بالمحاليل إتضح أن المقدار الكلى من الأيون بالمحلول لا يعبر التعبير الصحيح عن قدرة هذا الأيون فى التفاعلات الكيميائية المختلفة ، ولذلك أصبح التعبير بإستخدام التركيز النشط أو الفعال ، وهو حاصل ضرب المقدار الكلى الموجود من العنصر الذائب فى معامل النشاط أكثر دقة عند محاولة ربط التركيب الأيونى لكل من المحلول الأرضي والنبات النامي . فإذا كان التركيز من العنصر فى المحلول "ك" فإن المقدار النشط $A = K \cdot M$ حيث "م" معامل النشاط .

٢- القلرة الامدادية للأراضي The Replenishment Factor

يمكن أن نقسم المقدار الكلى من عنصر ما بالأرض إلى قسمين ، الأول القسم الذائب فى المحلول الأرضي والآخر بالصورة الصلبة من النظام الأرضي وهو كما ذكرنا سابقاً فى صورة مدمصة أو قابلة للتبادل أو فى صورة مرسبة ، وهذا القسم يعمل كمخزن للعنصر يعوض ما يستنزف من المقدار الذائب فى المحلول الأرضي .

فالقسم الأخير - الصلب - يعبر عنه عادة بكمية العنصر بالأرض Quantity تميزاً له عن قوة العنصر بالحللول Intensity وكمية العنصر وقوته بالحللول ترتبطان معاً فزيادة الكمية قد تزيد القوة بحكم العلاقة بينهما ويعبر عنها بالسعة التنظيمية Buffering Capacity وهى مقاومة النظام من الكمية والحللول - لتغير قوته - ويعبر عن السعة التنظيمية بنسبة التغير فى الكمية "ك" أو "ق" إلى التغير فى القوة "ق" أو "I" أى أن: السعة التنظيمية = $\frac{\Delta K}{\Delta I}$ أى $\frac{\Delta q}{\Delta I}$.

والعلاقة البيانية بين هذين العاملين تعطى خطأً منحنياً ولكن القسم الأول منه مستقيم تقريباً ، وفى هذا القسم تكون النسبة $\Delta q / \Delta I$ ثابتة، وهو القسم الهام من الناحية التطبيقية غالباً ، ولو أن بعض الدراسات تقتضى أن يدخل كل الخط بما فيه الجزء الأعلى المنحنى فى نسبة التغير وهذه الحالة غير ثابتة ويعبر عنها $\frac{dq}{dI}$ أو السعة التنظيمية التفاضلية أو المتغيرة Differential Buffering Capacity (DBC) وتتوقف على قيمة "ق" لأن قيمة ك عادة ثابتة .

ومهما كانت طريقة مد الحللول الأرضي بالعناصر المغذية فإن تركيز هذه العناصر بالحللول الأرضي دائماً أقل من أن يفي بحاجة النبات . ولذا فمن الضروري أن تتحدد محتويات الحللول الأرضي عدة مرات يومياً خصوصاً فى حالة الفوسفور لإنخفاض تركيزه فى الحللول الأرضي إنخفاضاً شديداً حتى يستطيع النبات إستيفاء حاجته من العناصر .

تحرك الأيون إلى جوار الجذر

· قسم باربر (1962) Barber الوسائل التي تصل بها العناصر المغذية

بالأرض إلى سطوح جذور النبات إلى ثلاث وسائل :

١- أن يصل الجذر بنموه إلى حيث توجد هذه العناصر أي أن الجذر

"يعترض" العناصر حيث تكون ، ولذا يطلق على هذه الآلية

"الإعراض الجذري" Root Interception . .

٢- أن تنتقل العناصر إلى سطوح الجذور بواسطة النقل مع الماء ويطلق

على هذه الآلية الانتقال الكتلي Mass Flow ، وتحرك الماء في

الأرض نحو الجذور نتيجة الجذب المستمر له الناتج عن امتصاصه

بواسطة جذور النبات ، ويتأثر إنتقال الماء وبالتالي العناصر المحمولة

معه بنفاذية الأرض للماء وكلنا بدرجة الحرارة لأن حركة الماء تتأثر

بمعامل اللزوجة ويتأثر الأخير بدرجة الحرارة .

٣- أن تنتقل العناصر من الأرض إلى سطح الجذر "بالإنتشار"

Diffusion ، ويتوقف الإنتشار على وجود فرق (منحنى أو ممال)

في التركيز Gradient .

ويمكن توضيح "الإنتشار" بوضع عدد من البلورات ملح في كوب

من الماء فيبعد مضي بعض الوقت نجد أن الملح أصبح موزعاً بانتظام في

الحلول كله .

وآلية هذا التوزيع "الإنتشار" هي حركة كل من جزيئات الماء

والملاح في جميع الاتجاهات ، ويقدر الإنتشار النهائي Net Diffusion

بالفرق بين عدد الجزيئات التي تتحرك في أى إتجاهين متضادين في مدة

معينة .

وفى دراستنا لموضوع الإنتشار (Balba and Daoud 1975) باستخدام الصوديوم المشع ٢٢ أوضحنا أن معامل إنتشار الصوديوم يختلف باختلاف نوع الطين فهو فى نظام من طين الكاولينايت والماء أعلى منه فى نظام من طين المونتوريلونائيت والماء ، وإزداد معامل إنتشار الصوديوم بزيادة تركيز أملاح الصوديوم فى النظام وإنخفض هذا المعامل بزيادة نسبة الرمل إلى الطين ، أما فى دراسة معامل إنتشار الصوديوم فى الأراضي المصرية فإن قيمة هذا المعامل تكون محصلة لعدد من العوامل أهمها التوزيع الحجمي لحبيبات الأرض ونسبة الأملاح الذائبة ونوع الطين المسائد بالأرض ونسبة كربونات الكلسيوم بها .

وفى دراسة أخرى على إنتشار الأمونيوم والنترات (Balba and Nasseem) أن معامل إنتشار النترات أعلى من معامل انتشار الأمونيوم وأنهما يتأثران بالعوامل التى سبق أن أوضحناها فى دراسة إنتشار الصوديوم بنفس الاتجاه زيادة أو نقصاً .

وحاول باربر Barber تقويم كل وسيلة من ناحية كفاءتها فى مد النباتات بحاجته من العناصر المغذية من الأرض وأنهى إلى أن الوسيلة الأولى - الإعراض الجنري - لا تمد نبات الذرة الذي ينتج حوالي ٢٥ إردباً للفدان من عمق ١٥ سم بأكثر من ٦ إلى ١٠ فى المائة من حاجته من النروجين والفوسفور والبوتاسيوم ، ولكنها تكفى لأن تـمـد جميع حاجته من الكلسيوم والمغنيسيوم .

وأن النقل بالماء - الانتقال الكتلي Mass Flow - يمد النبات بأغلب حاجته من المغنيسيوم ولكنه لا يكفي لديه إلا بنسبة صغيرة من حاجته من البوتاسيوم والفوسفور، وأوضح باربر أنه باستعمال الكبريت المشع تجمع الكبريت حول الجذور بالانتقال مع الماء . ويرى أن النقل بالانتشار هو الوسيلة الأساسية التي تمد النبات بأكثر حاجته من الفوسفور والبوتاسيوم .

ويرى شاپيرو (Shapiro) أن النقل مع الماء هو الآلية الأساسية لحركة الفوسفور في الأرض متجهاً نحو الجذور غير أن أولسن Olson يرى أنه إذا كان تركيز الفوسفور في محلول أرض خصبة بين ٠,٢-٠,٣ جزء/مليون وأن نباتات النرة تحتاج إلى نحو ٢٥٠-٣٥٠ جم من الماء لكل ١ جم من المادة الجافة التي ينتجها ، وأن هذا المقدار من الماء ينقل معه من الفوسفور إلى نبات النرة مقداراً صغيراً لا يشكل غير نسبة ضئيلة مما يحتويه النبات فعلاً من الفوسفور ولا تكاد تزيد هذه النسبة عن ٢-٤٪ من جملة الفوسفور الذي أمتصه النبات وقد تزيد هذه النسبة مرتين أو ثلاث مرات في حالة توالى الري أو بالتسميد بالفوسفور . ويستنتج أولسن من ذلك أن الآلية الأساسية في عملية الانتقال بالنسبة للفوسفور هي الانتشار ، وقام بمحاولة لتقييم آلية النقل بالانتشار من الناحية النظرية وأنتهى من هذه الدراسة إلى أن انتشار الفوسفور يلعب دوراً هاماً فى إمتصاص جذور نبات النرة للفوسفور ويستخدم هذه الدراسة النظرية إتضح له من حساب معامل انتشار الفوسفور فى أرض طينية وأرض رملية أن معدل

إمتصاص هذا العنصر بواسطة جذور الذرة فى أرض طينية يعادل نحو ٣ أمثال هذا المعدل فى الأرض الرملية ثم قام بالتحقق من ذلك تجريبياً وأوضح أن جذور الذرة النامية فى الأرض الطينية تحتوى ما يقرب فعلاً من ٣ أمثال ما تحتويه قرينتها النامية فى الأرض الرملية .

وفى رأينا أن آلية إنتقال العنصر من الجزء الصلب فى النظام الأرضي إلى سطح الجذر لازالت تحتاج إلى مزيد من البحث .

ويقدر فريد وشابير (Fried & Shapiro, 1961) أن المحلول الأرضي يستطيع أن يمد محصول ذرة مقدار حوالى ٢٠ إردباً للفدان بمعظم حاجته من العناصر الغذائية فى أرض تحتوى ٢٠ جزء/مليون من الفوسفور ، ٤٠ جزء/مليون كلسيوم ، ٤٠ جزء/مليون مغنيسيوم و ١٠٠ جزء/مليون بوتاسيوم ويلاحظ أن تركيز ٢٠ جزء/مليون فى المحلول الأرضي - ذائب فى الماء - فى الأراضي المصرية نادر الحدوث .

ورغم أن كثيراً من الباحثين يعتبرون أن نظرية المحلول الأرضي مقبولة إلا أن بنى Jenny يرى أنها قاصرة عن تفسير قدرة النبات على إمتصاص العناصر الدقيقة فى الأراضي القاعدية حيث يكون ذوبان هذه العناصر شديد الإنخفاض .

وهو يرى أن الأيونات فى الطور الصلب المدمصه على سطوح الحبيبات يمكنها أن تنتقل إلى جذور النبات مباشرة دون الانتقال إلى الطور السائل من النظام الأرضي عن طريق التبادل باللامسة Contact exchange وتعتمد نظريته فى التبادل باللامسة على أن مجموعات

الأيونات Ion swarms على الجذور وعلى سطوح حبيبات الطين تتداخل مع بعضها ويتنتج عن هذا التداخل أنها تتبادل أماكنها على الطين والجذور دون الحاجة إلى وسط سائل .

ومن رآيه أن كلاً من الوسيتين - المحلول الأرضي والتبادل بالملامسة - تساهم في مد النبات بحاجته من العناصر في النظام الأرضي وأن طريقة المحلول الأرضي تكون سائدة بالنسبة للعناصر الغذائية الأساسية في الأراضي الطينية فالتبادل بالملامسة يكون هو الفعال في مد النبات بحاجته منها ومخصوصاً من العناصر الصغرى .

ويتوقف يسر Availability العناصر المغذية المدمصة على سطوح الطين للنبات عن طريق التبادل على عدد من العوامل منها :

- نسبة تشبع الطين بالعنصر .
- الأيونات المرافقة .
- نوع الطين أو المركب الغروي وسعته التبادلية .
- نوع النبات .

غير أننا نوجه النظر إلى أن كلاً من هذه العوامل لا ينفرد بالتأثير على إمتصاص العنصر المدمص على سطح المركب الغروي مستقلاً عن بقية العوامل بل تعمل هذه العوامل مجتمعة ويؤثر كل منها على الآخر .

أثر نسبة تشبع الطين بالعنصر

كلما انخفضت نسبة تشبع الطين بالعنصر كلما قل يسر هذا العنصر للنبات ويذكر كثير من الباحثين أن البوتاسيوم يصبح غير ميسور للنبات

إذا قلت نسبته على سطح الطين عن ١٪ من السعة التبادلية الكاتيونية للطين بينما يجب أن تزيد نسبة تشبع الطين بالكالسيوم عن ٣٠٪ حتى يكون ميسور للنبات وقد أوضح الجبلى (١٩٥٥) أنه كلما زادت نسبة تشبع الطين بالعنصر كلما زاد المقدار الذي يمتصه .

أثر الأيونات المرافقة

لوحظ أنه عند نسبة تشبعة معينة لعنصر ما أن إمتصاص النبات لهذا العنصر يتأثر بنوع الكاتيون المدمص المرافق له على سطح الطين فإذا كان الكاتيون المرافق ضعيف الارتباط بهذا السطح كان إمتصاص العنصر منخفضاً وإذا كان ارتباط الكاتيون المرافق قوياً إرتفع إمتصاص العنصر .

أثر نوع الطين وسعته التبادلية

يرى الجبلى وفيكلاندر (1955) Elgabaly & Wiklander أن إمتصاص النبات للعناصر الأحادية والثنائية المدمصة يتأثر بالسعة التبادلية للطين . فكلما زادت السعة التبادلية الكاتيونية للطين فإن إمتصاص النبات للكاتيونات الأحادية يزداد ، وأوضحا ذلك بإستعمال راتنج Resin وطين بنتوننايت Bentonanite وكاولينايت Kaolinite لها سعات تبادلية كاتيونية ١٧٠ ، ٧٠ و ٣٨ ملليمكافىء / ١٠٠ جم من كل منها على التوالي وتحتوى نسباً متماثلة من الصوديوم إلى المغنيسيوم أو الصوديوم إلى الباريوم المحمولة على سطوحها فكانت نسبة الصوديوم التى إمتصها النبات فى حالة الراتنج ذي السعة التبادلية العالية أعلى من نسبة للمغنيسيوم

أو الباريوم للممتصين ولكن نسبة المغنيسيوم أو الباريوم التي إمتصها النبات في حالة الكاؤولينايت فاقت نسبة الصوديوم الممتص .

أنواع النبات

سبق أن أوضحنا أن لجذور النبات سعة تبادلية كاتيونية فعند نمو النبات في الأرض يحدث تنافس بين سطوح الجذور وسطوح الطين على الكاتيونات وتزداد قدرة النبات على الحصول على الكاتيونات الثنائية كلما إزدادت سعتها التبادلية الكاتيونية .

وقد سبق أن أشرنا إلى رأى ماتسون في ذلك وقد أوضح الجبلي وفيكلاندر هذا العامل بوضع جذور البسلة ذات سعة تبادلية كاتيونية ٧١ ملليمكافى/ء/ ١٠٠ جم وجذور الشعير ذات سعة تبادلية كاتيونية ٢٢,٧ ملليمكافى/ء/ ١٠٠ جم فى معلق من الطين المشبع بالكلسيوم + الصوديوم لمدة ١٠ ساعات فإمتصت جذور البسلة من الكلسيوم ضعف ما إمتصته جذور الشعير منه بينما إمتصت جذور الشعير من الصوديوم ٤ أمثال ما إمتصته جذور البسلة منه .

إنتقال الأيونات إلى داخل الجذور

اقترحت عدة آليات لتفسير دخول الأيونات بخلايا الجذر وتراكمها فيها وبعض هذه الآليات لا يرتبط كثيراً بعمليات الأيض فى النبات فلور العمليات الحيوية فى النبات فى هذا النوع من الإمتصاص غير أساسى

ويطلق عليه إمتصاص سلبي أو غير أبيضى Passive or Non Metabolic وبعضها الآخر يفسر الإمتصاص بإرتباطه المباشر بالأبيضى ولذا فنلور النبات فيه إيجابي ويطلق عليه إمتصاص إيجابي أو أبيضى Active or Non Metabolic .

أولاً : الإمتصاص السلبي

اقتزحت ثلاث آليات لتفسير حدوث هذا النوع من الإمتصاص هى:
الإنتشار ، توزيع دونان ، والتبادل .

(أ) الإنتشار Diffusion

هو أكثر الآليات التى تفسر الإنتقال السلبي للأيونات وضوحاً فحيثما وجد فرق بين نقطتين فى تركيز أو نشاط activity المادة المذابة Solute توجد (رغبة) فى تحرك هذه المادة فى الوسط المذيب متجهة من التركيز أو النشاط المرتفع نحو التركيز أو النشاط المنخفض ليقترّب التركيز فى النقطتين من التساوي، ومعدل الإنتقال يحدده الفرق بين التركيزين ويتناسب طردياً مع هذا الفرق وتستطيع الخلايا الحصول على المواد المذابة فى المحلول الخارجى المحيط بها بآلية الإنتشار هذه متى وجد فرق بين تركيزها داخل الخلية وفى الوسط الخارجى .

ومن رأى دانيلى Denielli أن الإنتشار يكون متقطعاً فتسرع حركة المذاب فى أحد المواقع فى النظام System بين نقطة وأخرى بينما تكون

هذه الحركة فى موقع آخر مجرد ذنبية يتأرجح فيها جزئى المادة المذابة ويحتفظ الجزئى بموقعه هذا نتيجة للقوى المحيطة به ويعتبر كأنه محاط بجهد مانع لا يستطيع أن يتخطاه إلا إذا حصل على جهد حركى يسر له الانتقال حتى إذا فقد هذا الجهد فإنه يقف، ومعروف أن الانتشار يتأثر بالحرارة ويحدد الجهد المانع الذى أشرنا إليه (المعامل الحرارى للانتشار) .

واقترح دانيلى نظرية الانتشار الميسر Faciliated Diffusion وتتميز

بما يلى :

١- يودى إنتقال الجزئيات إلى نساوى التركيز داخل الخلية وفى المحلول الخارجى .

٢- معدل إنتقال الجزئيات إلى داخل الخلية لا يتناسب طرديا مع زيادة تركيزها بالمحلول الخارجى .

٣- لا يتأثر الإنتقال بالانتشار بالسوموم التى يعطل النشاط الأيضى .

ويحدث نفاذ الأيونات إلى داخل الجذر خلال مسافات خالية Free spaces فى أنسجته وتعتمد نظرية الانتقال بالانتشار على أن المحلول الخارجى يمتد إلى داخل الجذر خلال هذه المسافات ولذا فانتشار الأيونات من المحلول الخارجى إلى الخلايا خلال هذه المسافات يعتبر عملية عكسية أى يمكن أن تنتشر الأيونات من الخلايا إلى المحلول الخارجى ويحكم إتجاه حركة الأيونات فرق التركيز .

وإنتشار الأيونات يتبع قوانين تمائل القوانين الخاصة بجهد

الإلكترونات **Chemical Potential** وفى حالة إنتشار الأيونات فالأمر قد يختلف لأن نفاذية الغشاء لأي أيون تتوقف على بقية الأيونات فى النظام ونفاذ الكاتيون "أ" مثلاً خلال الغشاء يحدده نفاذ الأنيون "ب" وكذا قدرة الكاتيون "أ" نفسه على الحركة خلال الغشاء فإذا كان الغشاء ذا شحنة سالبة مثلاً فإنه يكون طارداً للأنيونات ذات الشحنات السالبة وجاذباً للكاتيونات بجانب الغشاء وزيادة فرق الجهد الكهربائي ويساعد ذلك على نفاذ الكاتيونات بينما يعوق الأنيونات .

ويتضح من ذلك أنه إذا كان إنتشار الأيونات خلال نظام متحانس لا يميز الأيونات السالبة أو الموجبة فإن حالة الإتزان يحكمها فرق الجهد الكيميائي أما إذا تكون فرق فى الجهد الكهربائي فإن ما يحكم الإتزان هو الجهد الكهربائي **Electrochemical Potential** ويعبر عن الجهد الكيميائي $u_1 = u_1^0 + R T \ln a_1$ والجهد الكهربائي الكيميائي : $u_1 = u_1^0 + R T \ln a_1 + ZFE$ حيث "a₁" التركيز النشط للأيون ، "Z" التكافؤ ، "F" عدد فردى و "E" الجهد الكهربائي.

(ب) توزيع دونان **Donnan Distribution**

سبق أن أوضحنا بعض الأساسيات المتصلة بتوزيع دونان للكاتيونات والأنيونات على جانبي غشاء نصف منفذ ويمقتضى هذا التوزيع يزداد تركيز الأيونات داخل الخلية كلما زاد تركيزها فى المحلول الخارجى ويحكم حالة الإتزان الجهد الكهربائي لوجود فرق فى الجهد

الكهرى راجع إلى إختلاف نفاذ الكاتيونات عن الأنيونات بالإضافة إلى فرق التركيز .

وإنتقال الأيونات داخل الخلية بتوزيع دونان عملية فيزيائية لأنها تتم نتيجة لفرق الجهد الكهرى الكيمىائى دون حاجة إلى جهد من جانب خلية النبات .

(ج) التبادل Exchange

أوضحت دراسات بنى Jenny وزملاؤه النقاط الآتية :

١- بإستخدام نباتات البرسيم الحجازى الصغيرة النامية فى أرض جيرية قاعدية التأثير فإن إمتصاص الحديد يتناسب طرديا مع جيبات أو كسيد الحديد الصلب التى تلامس الجذور .

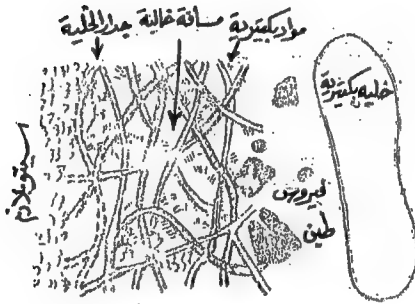
٢- للسطوح الماصة Exchangers مثل الأميرلايت والجذور فى حالة تشبعها بالهيدروجين القدرة على هدم جيبات أو كسيد الحديد عند تلامسها معها .

٣- أيونات الحديد التى نتجت عن هدم أو كسيد الحديد والموجودة عند السطح الخارجى لغشاء الإمبرلكنس أو قطع من الجذور التى إستخدامها فى دراسته تنتقل خلال هذه الأغشية المنفذة بواسطة الانتشار والتبادل إلى داخل الجذر .

تفسير بنى لإمتصاص الحديد فى البيئات القاعدية

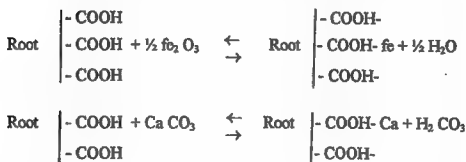
يوضح شكل رقم (٢) رسما تخطيطيا لجدار الخلية فى سطح الجذر مبنا على دراسات Fry - Wyssling وسمك الجدار ١ ميكرون ويشكون

إطار بناء الخلية من ألياف سيلولوزية ذات قطر نحو ٢٠٠ أ (أ - أنجستروم) وبين هذه الألياف فجوات مملوءة بالماء والمواد المنابة والغازات وهذه الفجوات هي المسافات الخالية Free Spaces أو مملوءة بنواتج الأرض مثل الميممسيلولوز والمواد البكتينية وغيرها ومعروف أن مجموعات الكربوكسيل ك COO^- الحرة هي المسؤولة إلى حد كبير عن السعة التبادلية الكاتيونية للحنور .



شكل (٢): رسم توضيحي للخلية والنظام الأرضي

وبالشكل رقم (٢) نجد على يسار جدار الخلية بالاتجاه إلى داخلها يوجد السيترولازم وعلى اليمين توجد الأرض وتمثل الأجسام السوداء بالرسم أو أكسيد الحديد أو حبيبات الطين في حجوم غروية وأقصى اليمين يوجد رسم خلية بكتيرية "ب" وحبيبة فيروسية "ف" للمقارنة والمسافة بين الخلية البكتيرية والخافة اليمنى للخلية الجذرية تمثل المحلول الأراضى الذى يحتوي الجزيئات للذابة ويمكن للمحلول أن يتحرك خلال القنوات الواسعة بجدار الخلية متجها من اليمن إلى اليسار نتيجة التثح وبالنسبة إلى أن أيونات الحديد محلول الأراضى الجيرية نادرة الوجود فيبدو أن هذه القنوات الواسعة قليلة الأهمية بالنسبة لمقدار الحديد الذى يدخل الجذور . ومن رأى ينى أن الموقع الهام بالنسبة للإمساك بالحديد هو نقط تلامس أو أكسيد الحديد مع البكتين المغطى بمجموعة الكربوكسيل .



والحديد والكلسيوم اللذان يتحصل عليهما بهذه الطريقة يمكن أن ينتشرا خلال الجزء البكتينى من جدار الخلية عكس تيار من أيونات الهيدروجين الناتج عن النشاط الأيضى وكذا أيضا عكس تيار من الإلكترونات إذا كان من الضروري أن يكون الحديد فى صورة ثنائية

وليس ثلثية ومجرد أن يصل الحديد إلى السيتوبلازم فإنه يتحرك عن طريق آليات الأيض .

ويذكر أن المسافة بين مواقع التبادل Exchange Sites على الجذور تبلغ نحو ١٦,٥ أ° ولكن بالنسبة إلى أن جذور الخلايا تسمح بدخول بعض الجزئيات العضوية التي يصل حجمها إلى ٥٣ أ° فلا بد أن هناك قنوات ومسافات واسعة كما أنه لابد من وجود مناطق تكون للمسافة بين مواقع مجموعات الكربوكسيل فيها أقل من ١٦,٥ أ° وهذه المناطق تشير إلى وجود ثغور وقنوات تحتوى كثافة عالية من الشحنات وعلى ذلك فإن جدار الخلية الجذرية يمكن إعتبار أنه ذو قنوات ضيقة عملة بشحنات كثيفة وأخرى واسعة ذات شحنات ضعيفة .

وفى القنوات الواسعة تنتشر الجزئيات العضوية والأزواج الأيونية نحو الداخل أو قد تحمل مع تيار الماء الداخل إلى الجذر نتيجة النتح من اليمين إلى اليسار بشكل (٢) ولا تتدخل مواقع التبادل عبر القناة الواسعة ولكن أيونات الحديد التي قد تكون مرتبطة بأحد مواقع التبادل هذه تترسب فوراً بواسطة المحلول الأرضي قاعدي التأثير فى الأرض الجيرية .

أما فى القنوات الضيقة ذات القطر ٥ أنجسزوم مثلاً فإن كثافة مجموعات الكربوكسيل عالية لدرجة أنها تطرد لو كان لها قدرة إختيارية وفى المسام والقنوات الضيقة تتداخل الكاتيونات المختلفة بعضها مع بعض فى شكل محلول كاتيوني Cation Solution ، والحديد الذي إرتبط مع مجموعة الكربوكسيل على جدار الخلية الجذرية ينتشر إلى داخل الخلية

الجزرية من اليمين إلى اليسار بشكل (٧) عكس تيار من أيونات الهيدروجين التي تتكون في السيتوبلازم والتي تتحرك من اليسار إلى اليمين والعملية تشبه عملية تبادلية إنتشارية فتقفز فيها أيونات الحديد من مجموعة ك أ⁺ Coo إلى أخرى وبالنسبة إلى عدم دخول أنيونات فلا يترسب الحديد وحركة الماء خلال هذه القنوات شديد البطء.

ويستطرد بنى ليحسب الوقت اللازم لأيون الحديد المدمص المرتبط بمجموعة الكربوكسيل ليعبر جدار الخلية ذا سمك ١ ميكرون مستخدما في ذلك معادلة لابنشتاين وينتهي إلى أن هذا الوقت نحو ٢,٨ ثانية وبالتالي فعلمية العبور نفسها سريعة ولا تعتبر عاملا محددًا لمقدار الحديد الذي يدخل الخلية ويشير إلى أن العامل المحدد يقدر على الجدار الخارجي للخلية حيث يجب أن يوجد عدد من مواقع التبادل مشغولة بالهيدروجين حتى يضمن تيار من أيونات الحديد إلى داخل الخلية ولما كانت مواقع التبادل المغطاة بالكلسيوم أو المغنيسيوم أو الصوديوم لا تهاجم أو أكسيد الحديد يتضح أنه يجب أن يكون جزء من السطح المعرض الخارجي للجنر مشغولا بالهيدروجين أى تكوين مجموعة الكربوكسيل حامضية (ك أ⁻ يد COOH) وأن تظل كذلك بواسطة تيار من أيونات الهيدروجين الذى يتجه دائما نحو الخارج بواسطة التبادل والإنتشار كما أوضحنا .

وعلمية التحميص بالهيدروجين هذه تصبح صعبة إذا كانت كربونات الكلسيوم بالنظام الأرضي فى صورة حبيبات دقيقة مما يتيح لها عددا من

نقط التلامس مع سطح الجنر وكذا الحال إذا مرر تيار من محاليل هيدروكسيد أو كربونات أو بيكربونات الكالسيوم حول الجنور تقل بمجموعة ك أ أ يد على سطح الجنور ولعل ذلك سبب ظهور الإصفرار الموقت على كثير من الحاصلات فى أعقاب المطر الغزير أو الرى .

ثانيا : الإمتصاص الإيجابى Active Uptake

- يعتبر الإمتصاص عملية إيجابية إذا إتصف بالخواص الآتية :
- ١- المعامل الحراري مرتفع ويقرب من المعامل الحراري للتفاعلات الأنزيمية .
 - ٢- معدل الإمتصاص ليس دالة خطية للفرق بين تركيز الأيونات فى الوسط الخارجى وفى داخل الخلية ولكن تراكم الأيونات داخل الخلية دالة لتركيزها خارجها إذا كان المحلول مخففا ويصبح مستقلا فى حالة المحلول ذي التركيز المرتفع .
 - ٣- معدل الإمتصاص شديد الاختلاف بالنسبة للمواد متساوية الحجم والمتشابهة فى درجة ذوبانها فى اللينينات .
 - ٤- يمكن أن يتوقف الإمتصاص نتيجة لأثر عدد من السموم .
 - ٥- تجمع كل من الكاتيونات والأنيونات داخل الخلية لا يصحبه ظهور كاتيونات أو أنيونات أخرى بالمحلول الخارجى كما فى آلية التبادل .
 - ٦- يستمر تراكم الأيونات داخل الخلايا من المحاليل المخففة حتى ولو كان التركيز داخل الخلية أعلى كثيرا منه خارجها .

وتراكم الأيونات أو إنتقالها الإيجابي عملية مستقلة ليس من الضروري أن يسبقها انتقال سلبي وتقوم الخلية ببذل جهد فيه وقد يحدث الإنتقال السلبي والإيجابي معا فى أى خلية تمتص الأيونات تحت الظروف الطبيعية وأهمية كل من النوعين بالنسبة للآخر تتوقف على نوع النبات وطور النمو والوسط الذى يوجد به النبات وتدخل بعض الأيونات الضرورية لتغذية النبات الخلية أساسيا بواسطة التبادل بينما تدخل أيونات أخرى أساسيا بواسطة الإمتصاص الإيجابي .

وتحتاج عملية التراكم إلى طاقة ليزداد تركيز الأيونات فى الخلايا بصفة مستمرة وتمنع عودة الأيونات إلى الوسط الخارجى والمصدر الذى يمد النبات بهذه الطاقة هو عملية التنفس وكان Lundgardh & Burstrom من أول من لاحظ أن زيادة تركيز الأملاح على سطوح الجنذور التى تنفس فى الماء يصحبها زيادة فى استهلاك الأوكسجين وإخراج ثانى أوكسيد الكربون ولذلك فقد سمي هذا التنفس بتنفس الأنيونات أو تنفس الأملاح Anion or Salt Respiration وأوضح Hoagland & Broyer أن إمرار تيار من الأوكسجين فى محاليل مخففة غمرت بها جنذور شعير مفصولة يودى إلى تراكم الأملاح داخل خلايا الجنذور بينما إمرار تيار من النتروجين بدلا من الأوكسجين يودى إلى نقص تراكم الأملاح أو توقفه .

ويرتبط تراكم الأملاح مع عملية الأيض Metabolism فى الخلية

فالتنفس يؤدي إلى إنطلاق الهيدروجين من الكربوهيدرات وينتقل هذا الهيدروجين ليتحد مع أكسجين الجو مكونا ماء ويتم هذا الانتقال بواسطة مجموعة من المواد يطلق عليها سيتوكرومات Cytochromes ويساعد فى هذه العملية إنزيم أكسيداز السيتوكروم Cytochrome Oxidase ويرى لندجارد أن العامل المساعد فى حالة " تنفس الأملاح " مركب يحتوى الحديد الهمين Hemin بينما يكون فى حالة التنفس العادى أو التنفس الأرضى Ground respiration إنزيم آخر .

ويفسر Lundgardh تجمع الكاتيونات داخل خلايا الجذر على أساس إنطلاق الهيدروجين فتبادل معه الكاتيونات التى أدمصت على سطح الجذر فى طريقه من داخل الخلية إلى خارجها ويفسر تجميع الأنيونات على أساس أن الحديد يتغير تكافؤه من الثنائى إلى الثلاثى فيفقد إلكترون ويرتبط بأنيون بدلا من الإلكترون المفقود وأنه توجد موجات من الإلكترونات من الداخل إلى الخارج وبالتالي تستطيع الأنيونات أن تنتقل فى الاتجاه المضاد من الخارج إلى الداخل .

المراجع REFERENCES

أولاً (مراجع باللغة العربية :

- عبد المنعم بليغ (١٩٨٢) "خصوبة الأراضى والتسميد".
- عبد المنعم بليغ (١٩٩٠) "استزراع الصحارى والمناطق الجافة فى مصر والوطن العربى".
- أ.د. عبد المنعم بليغ "الأرض والماء والتنمية فى الوطن العربى".
- عصام قريش (١٩٨٧) - رسالة علمية لدرجة الماجستير فى علوم الأراضى - كلية الزراعة جامعة الإسكندرية ١٩٨٧ .
- "Vesicular. Arbuscular My corhiza As Bio Fertilizer in Field and Pot Experiments".

ثانياً (مراجع باللغة الإنجليزية :

- Experiments in Soil Bacteriology (1949) Allen, O.N.
- Yearbook of Agriculture. US. Dept. of Agriculture.
- Plant Diseases. Farb Peter.
- The living soil. US. Dept.
- Bacterial chemistry. Porter.
- Yearbook of Agriculture Insects US Dept of Agric.
- Raychaudry, S. P. (1966) Land And Soil.

- Black, C.A. Soil plant Relationships.
- Charley, J.L. and Jenny, H. 1966.
- El-Gabaly, 1969, Soil Sci. 69, 167-173.
- Jenny, Factors of Soil Formation Contact Exchange phenomenon
- Nasseem, M.G. 1967 Msc. Thesis, College of Agric Univ. of Alex.
- Sauchelli, V. 1969 Trace Elements in Agric.
- Bartholomw and clark 1965. Soil Nitrogen.
- Wicklander, L. and MM. El-Gabaly 1955, Soil Sci. 80, 91-93.

كتب علمية وثقافية للأستاذ الدكتور عبد المنعم بلبع

Published Books by: Prof. Dr. A.M. Balba

باللغة العربية

١- فحص الأراضي Soils Examination ١٩٦٩ (٢٠٠ صفحة) - دار المعارف .

٢- خصوبة الأراضي والتسميد (الطبعة الرابعة ١٩٨٠)
Soil Fertility and Fertilization 4th, Edn.
(٥٨٠ صفحة ٥٦ جدول - رسوم توضيحية - مراجع) - دار المطبوعات الجديدة -
الأسكندرية .

٣- استصلاح وتحسين الأراضي (الطبعة الخامسة ١٩٨١)
Land Reclamation and Improvement 4th, Edn.
(٦٦٤ صفحة - جداول - ٣٣ رسم توضيحي - مراجع) - دار المطبوعات
الجديدة - الأسكندرية .

٤- الأرض والإنسان في الوطن العربي - (دار المطبوعات الجديدة) .
Soils and Man In The Arab Countres

٥- أضواء على الزراعة العربية - (دار المطبوعات الجديدة) .
Light on Arab Agriculture

٦- المجر Hungary ١٩٦٩ - (دار المعارف) .

٧- الأثرية المتأثرة بالأملاح ١٩٧٩ - (الناشر FAO - روما)
Salt - Affected Soils

(١٣٥ صفحة قطع كبير - جداول - ٢٣ رسم توضيحي - مراجع) .

٨ - مصطلحات علم الأراضي الإنجليزية وموافاتها العربية ١٩٨٢
Arabic - English Expressions in Soil Science
(٢٠٠٠ مصطلح - ٨٠ صفحة - أ.د عبد المنعم بلبع) .

٩- أمس واليوم وغدا ١٩٨٤ (آراء ومقترحات عن الجامعات المصرية)
Yesterday, Today & Tomorrow (Suggestions Concerning The Egyptian Universities).

١٠- البحث العلمى...صانع التقدم Scientific Research The Maker of Progress

١١- الماء مآزق...ومواجهات Water and its Role in Development
(دور المطبوعات الجديدة - منشأة المعارف) .

١٢- الأسمدة والتسميد ١٩٩٨ - منشأة المعارف. Fertilizers and Fertilization

١٣- استزراع أراضى الصحارى والمناطق الجافة فى مصر والوطن العربى ١٩٩٧
- منشأة المعارف .

Utilization of Desert Soils la Arab Countries

١٤- الأرض والماء والتنمية فى الوطن العربى ١٩٩٩ منشأة المعارف.
Soils, Water and Development in Arab Countries

١٥- الأرض .. مورد طبيعى لخير البشر ١٩٩٩ منشأة المعارف.
The land, a Natural Resource for The Benefit of the People

١٦- التعبير الكمي عن استجابة المحاصيل للتسميد
(الناشر : جمعية أ.د. عبد المنعم بلبع لبحوث الأراضى والمياه) .

١٧- تكوين وتقييم الأراضى الزراعية .. ١٩٩٩ منشأة المعارف .

١٨- عالم وحاصره التلوث - علم ٢٠٠٠ منشأة المعارف .

19- Management of Problem Soils in Arid Ecosystems. CRC, N.Y.

20- Calcareous Soils.

21- Nitrogen Relations with Soils and Plants.

22- Fifty Years of Phosphorus Studies in Egypt.

(pub. by: prof. Dr. A.M. Balba Sco. for Soil & Water Research.)

فهرس الكتاب

٣

مقدمة

٧

الباب الأول

٩

الأرض والتربة

١٠

قشرة الأرض

١٤

مكونات الأرض

١٤

الصورة المصلبة من النظام الأرضي

١٥

تكون التربة

١٧

الطين

٢٤

أراضي السولونز

٢٧

تأثير الأملاح على نشاط الكائنات الدقيقة الأرضية

٢٩

تربة المناطق الممطرة وتربة المناطق الجافة

٣١

أراضي الصحارى

٣١

الأراضي الجيرية

٣٣

أثر كربونات الكالسيوم على يسر الحديد للنباتات

٣٣

الأرض الجيرية كبيئة لنمو النبات

٣٥

المملكة النباتية

٣٦

إختراع المجهر

٣٩

التركيب الداخلي لعقدة على نبات بقولي

٤٩	أحياء التربة
٥٣	الفطر
٦١	الفوسفور والميكروميزا
٦٢	نمو وموت الخلايا
٦٣	دور البيئة البكتيرية
٦٤	طور التكيف والشباب الفسيولوجى
٦٤	العوامل المؤثرة على النمو
٦٥	طور الموت المعجل
٦٥	حشرات تعيش فى باطن الأرض
٦٧	ديدان الأرض
٦٩	للعمل
٧٠	مزارع تحت سطح الأرض
٧٢	أحياء أخرى تحت سطح الأرض

٨٢	العناصر الضرورية لتغذية النبات
٨٤	الأوكسجين
٨٥	الكربون
٨٦	الهيدروجين
٨٨	النتروجين
٨٨	الفوسفور

٨٩	البوتاسيوم
٩٢	الكالسيوم
٩٢	المغنسيوم
٩٣	الكبريت
٩٤	العناصر الدقيقة
٩٦	دور التغذية في مقاومة النباتات للأمراض
١٠٠	إمتصاص النباتات للعناصر المغذية من الأرض
١٠٢	التبادل
١٠٢	الإذابة
١٠٣	التقييد
١٠٤	عامل القوة في المحلول الأرضي
١٠٤	القدرة الإمدادية للأراضي
١٠٦	تحريك الأيون إلى جوار الجذر
١١٠	أثر نسبة تشبع الطين بالعنصر
١١١	أثر الأيونات المرافقة
١١١	أثر الطين وسعته التبادلية
١١٢	أثر نوع النبات
١١٢	إنتقال الأيونات إلى داخل الجذور
١١٣	الإمتصاص السلبي
١١٣	الإنتشار
١١٥	توزيع دوتان
١١٦	تفسير بنى إمتصاص الحديد في البينات القاعدية
١٢١	الإمتصاص الإيجابي
١٢٤	المراجع

عالم يخص النلوث

مكتور

عبد المنعم بلع

استاذ علوم الاراضى والمياه
قسم الاراضى والمياه - كلية الزراعة
جامعة الاسكندرية

١٤٢٠ هـ - ٢٠٠٠ م

كتب علمية وثقافية للأستاذ الدكتور عبد المنعم بلبع

Published Books by A.M. Balba

باللغة العربية

- 1- فحص الأراضي (١٩٦٩، ٢٠٠٠ ص- دار المعارف) Soils Examination
- 2- خصوبة الأراضي والتسميد (الطبعة الرابعة ١٩٨٠ - ٨٠ ص ٥٦ جدول ، رسوم توضيحية ، مراجع دار المطبوعات الجديدة - الإسكندرية) Soil Fertility and Fertilization 4th. Edn
- 3- استصلاح وتحسين الأراضي (الطبعة الرابعة ١٩٨١ - ٦٦٤ ص ٣٣ - جدول رسم توضيحي مراجع دار المطبوعات الجديدة - الإسكندرية) Land Reclamation and Improvement 4th. Edn
- 4- الأرض والإنسان في الوطن العربي (دار المطبوعات الجديدة) Soils and Man In The Arab Counters
- 5- أنواء على الزراعة العربية (دار المطبوعات الجديدة) Light on Arab Agriculture, 2 Hungary
- 6- الجسر (١٩٦٩ - دار المعارف) Hungary
- 7- الأثرية المتأثرة بالأملاح (١٩٧٩ - ١٣٥ صفحة قطع كبير - جدول ٢٣ رسم توضيحي ، مراجع الناشر FAO - روما) Salt - Affected Soils
- 8- مصطلحات علم الأراضي الإنجليزية وموافاتها العربية (١٩٨٢ - ٢٠٠٠ مصطلح ٨٠ صفحة) Arabic-English Expressions in Soil Science
- 9- أمس واليوم وغدا (١٩٨٤ - آراء ومقترحات عن الجامعات المصرية) Today & Tomorrow. Suggestions Concerning the Egyptian universities
- 10- البحث العلمي صالحي للتقدم Scientific Research The Maker of Progress
- 11- الماء مآزق .. ومواجهات (دار المطبوعات الجديدة) Water and its Role in Development
- 12- الأسمدة والتسميد (١٩٩٨ منشأة المعارف) Fertilizers and Fertilization
- 13- استزراع أراضي الصحارى والمناطق الجافة في مصر والوطن العربي (١٩٩٧ منشأة المعارف) Utilization of Dessert Soils in Arab Counties
- 14- الأرض والماء والتنمية في الوطن العربي (١٩٩٩ منشأة المعارف) Soils, Water and Development in Arab Counties
- 15- الأرض.. مورد طبيعي لخير البشر (١٩٩٨ منشأة المعارف) The land A Natural Rescuer for The Benefit of People
- 16- تقويم وتأمين الأراضي الزراعية (منشأة المعارف) Evaluation and pricing of Agricultural land Benefit of the People
- 17- Management of Problem Soils in Arid Ecosystems. CRC, N.Y.
- 18- Calcareous Soils.
- 19- Nitrogen Relations with Soils and Plants.
- 20- Fifty Years of Phosphorus Study in Egypt. pub Prof. A.N. Balba Soc. for Soil & Water Research.

